www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

8e JAARGANG No. 6, blz. 161-192 JUNI 1946

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN SAMENHANGENDE MET DE PRODUCTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

REDACTIE: HET NATUURKUNDIG LABORATORIUM DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN, EINDHOVEN

CONTACT-BOOGLASSCHEN

door P. C. van der WILLIGEN. 621.791.753.41

Eén der moeilijkheden bij het electrisch booglasschen is altijd geweest, dat men de afstand tusschen laschstaaf en werkstuk constant moest houden. Het is echter ook mogelijk laschstaven te vervaardigen, die men tijdens het lasschen voortdurend kan laten rusten op het werkstuk, zoodat hiermee „sleepend" kan worden gelascht. Bij Philips is nu een methode van sleepend lasschen ontwikkeld, waarbij de boog automatisch wordt ontstoken en zoo noodig her-ontstoken. Dit is verkregen door een groot gedeelte van het metaal uit de kerndraad in de vorm van fijn verdeeld metaalpoeder over te brengen naar de oorspronkelijk isoleerende bekleeding, die daardoor min of meer geleidend is geworden. Daar men de laschstaaf van het begin af aan op het werkstuk kan laten rusten en hij tijdens het lasschen voortdurend zoowel mechanisch als electrisch daarmee in contact blijft, spreken wij van „contact-booglasschen" en „contact-laschstaven". Het blijkt, dat met deze contact-laschstaven sneller en meer betrouwbaar kan worden gelascht dan met gewone laschstaven. Bovendien kan men daarmee desgewenscht in bijzondere laschstanden ook door middel van de vrije boog lasschen.

De methode van electrisch booglasschen, welke heden ten dage op zeer groote schaal wordt toegepast, en waarbij het neersmeltende materiaal afkomstig is van de bij het werkstuk gehouden, verplaatsbare electrode, werd voor het eerst in 1892 door Slavianoff ingevoerd. Men gebruikte in die dagen uitsluitend gelijkstroom, daar met wisselstroom van niet al te hooge spanning de boog tusschen de ijzeren electrode en het te lasschen werkstuk steeds uitging. Pas na 1908, nadat Kjellberg een bekleeding van slakvormende bestanddeelen om de staaf had ingevoerd, werd lasschen met wisselstroom mogelijk. De bekleeding emitteert zooveel electronen, dat de laschboog, die met wisselstroom van 50 perioden 100 maal per seconde uitgaat, blijft branden; nauwkeuriger gezegd: 100 maal per seconde wordt herontstoken. De bekleeding heeft echter een nog belangrijker functie, en wel een metallurgische. Zij zorgt er nl. voor, dat de mechanische eigenschappen van het neergesmolten materiaal, die bij gebruik van onbekleed draad slecht zijn, veel beter worden. In de loop der jaren heeft men het hierin zelfs zoover gebracht, dat de mechanische eigenschappen van het neergesmolten materiaal van de meest moderne laschstaven, zooals de Philips laschstaaf type Ph 55, gelijkwaardig zijn met die van de beste soorten constructiestaal.

Wat het lasschen met wisselstroom en wat de mechanische eigenschappen betreft, heeft het aanbrengen der bekleeding dus een groote vooruitgang gebracht. Booglasschen is echter nog steeds een „kunst" gebleven, die alleen door veel oefening kan worden beheerscht. Wel heeft het aanbrengen der bekleeding gemaakt, dat men beter boven het hoofd kan lasschen. De kelk, die tijdens het lasschen ontstaat, geeft nl. richting aan de afsmeltende druppeltjes metaal, zooals de loop van een kanon die aan een projectiel geeft [1]). Wat het lasschen in de verschillende posities onder de hand betreft, heeft de bekleeding het lasschen echter nauwelijks gemakkelijker gemaakt. Heeft eenerzijds de lasscher er gemak van, dat hij de voortloopsnelheid van de laschstaaf kan controleeren aan het volgen van de slak achter de boog, anderzijds heeft hij er last van, dat bekleeding en slak het opsmelten en het smeltbad aan zijn oog onttrekken.

---

[1]) Vgl. bijv. J. Sack, Philips techn. T. 1, 26, 1936 en 4, 9, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Sleepend lasschen

De groote moeilijkheid van het lasschen met de vrije boog heeft altijd in het „booghouden" bestaan. De lasscher moet er nl. voortdurend voor zorgen, dat de afstand tusschen laschstaaf en werkstuk slechts enkele mm bedraagt en steeds constant blijft. Bij een te kleine afstand gaat de laschstaaf aan het werkstuk „vastvriezen", dwz. dat de stollende druppels een vaste verbinding vormen. Bij een te groote onderlinge afstand gaat de boog onregelmatig branden, waardoor de kwaliteit van het laschwerk minder wordt en er vooral bij gebruik van wisselstroom veel kans is op „dooven" van de boog.

Vraagt men zich nu af, hoe men de verhouding tusschen de dikte van de kerndraad en de bekleeding moet kiezen, om dit te voorkomen, dan blijkt dit van verschillende factoren af te hangen. Onderstellen wij, dat men lascht onder een hoek van 45° met het werkstuk en dat de kelk wordt gevormd onder een hoek van 45° met de asrichting van de laschstaaf, dan zien we uit *fig. 1a*, dat de verhouding tusschen de druppelgrootte van het smeltende metaal en de afmetingen van de kelk bijv. bij de laschstaaf van het type Ph 50 zoodanig zijn, dat men nog juist sleepend zal kunnen lasschen, terwijl dit bijv. met het type Ph 48 (zie *fig. 1b*) beslist niet mogelijk zal zijn.

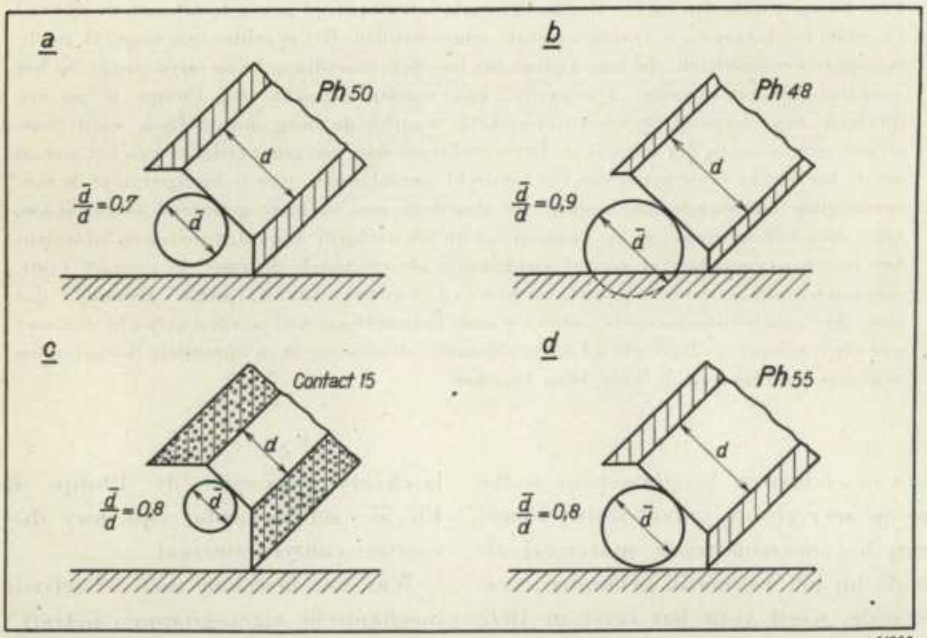

Fig. 1. Schematische voorstelling van de mogelijkheid resp. onmogelijkheid van sleepend lasschen voor verschillende soorten door Philips vervaardigde laschstaven. De diameter van de ijzeren kern is d; die van de druppel is $\bar{d}$. Voor de methode, waarmee men de grootte van de druppels bepaalt, zie: J. Sack, The Welding Industry, Juli 1939.

In de loop der jaren heeft men nu echter opgemerkt, dat men bij sommige typen laschstaven tijdens het lasschen de bekleeding kan laten rusten op het werkstuk; dit wordt sleepend lasschen of kortweg „sleepen" genoemd. Deze werkwijze bleek in de practijk alleen met dik bekleede laschstaven uitvoerbaar. Men kan dit begrijpen, indien men in aanmerking neemt, dat bij het lasschen met een laschstaaf, voorzien van een dunnere bekleeding, zich meestal ook slechts een korte kelk vormt om de laschboog. Bij het laten rusten van de rand van deze kelk op het werkstuk vormen dan de metaaldruppels, welke van de kerndraad afvloeien, kortsluiting tusschen laschstaaf en werkstuk, met als gevolg het „vastvriezen" van de laschstaaf.

Hieruit zou men de conclusie kunnen trekken, dat men derhalve, om sleepend te kunnen lasschen, met het maken van nog dikker bekleede laschstaven zou kunnen volstaan. Dit zou echter niet alleen een dure methode worden, maar tevens zouden dan bij het lasschen moeilijkheden optreden door de grootere hoeveelheid slak.

Er zij nog op gewezen, dat het schema van fig. 1 slechts een ruwe schets geeft; bijv. is de vorming van de krater (een „kuiltje" in het werkstuk onder de boog) buiten beschouwing gelaten. Deze krater is bij groote stroomsterkten vrij diep, en maakt dat sleepen in dit geval bij type Ph 50 en 55 gemakkelijk gelukt. Tot een algemeene toepassing van het sleepend lasschen met deze laschstaven is het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

nooit gekomen tengevolge van de juist genoemde en andere beperkingen.

De nieuwe ontwikkeling: contact-booglasschen

Om al die redenen werd er in dit laboratorium een onderzoek ingesteld met het doel de sleepbaarheid zoodanig te perfectionneeren, dat men met veel minder moeite zou kunnen lasschen, en dat men bij het lasschen practisch geen fouten meer zou behoeven te maken. Hieronder valt ook te rekenen, dat men een vlak en regelmatig uiterlijk van de laschrups wil verkrijgen.

Dit onderzoek heeft geleid tot een nieuwe laschmethode, waarvoor, om in het vervolg uiteengezette redenen, de naam „contact-booglasschen" werd gekozen. Wij gaan thans over tot een schets van de ontwikkeling van de bedoelde methode.

Hoewel deze ontwikkeling in beginsel ook andere typen laschstaven als uitgangspunt zou gehad kunnen hebben, werd feitelijk van het type Ph 55 uitgegaan; en wel, omdat het type Ph 55 andere typen laschstaven in mechanische eigenschappen overtreft (o.a. tengevolge van het lage gehalte aan zuurstof en stikstof). De vervormbaarheid en kerftaaiheid [2]) zijn zeer hoog. Bij het gebruik van Ph 55 is dientengevolge de kans op het ontstaan van scheuren in de lasch veel kleiner, hetgeen vooral van veel belang is bij het lasschen van harde staalsoorten en ook van dynamisch zwaar belaste constructies. Voor het lasschen van harde staalsoorten en van staal, dat veel zwavel bevat, is het bovendien van belang, dat de laschstaaf Ph 55 binnen ruime grenzen ongevoelig is voor het gehalte aan koolstof en zwavel van het werkstuk [3]).

Dat niettegenstaande al deze goede eigenschappen de laschstaaf Ph 55 niet universeel wordt gebruikt, vindt zijn oorzaak in het feit, dat het met dit type laschstaaf veel zorg vereischt, om goede lasschen te maken. Laat de lasscher bijv. zijn boog te lang worden, dan ontstaan er gemakkelijk gaatjes in de lasch. Gebruikt men een laschtransformator met een lage open spanning (< 60 V), dan heeft men er last van, dat de boog uitdooft. Daardoor wordt het lasschen onderbroken en men dient opnieuw te starten, hetgeen aanleiding geeft tot inhomogeniteiten in de lasch.

Men moest dus de laschstaaf Ph 55 zoodanig veranderen, dat deze bezwaren zouden worden ondervangen en de bovengenoemde, groote voordeelen bewaard zouden blijven. Een eerste stap hiertoe was, om op een andere wijze dan het dikker maken van de laag bekleedingsmateriaal, te trachten de sleepbaarheid te perfectionneeren. Dit werd bereikt door de bekleeding geleidend te maken — een beginsel, dat natuurlijk geenszins is gebonden aan het type Ph 55. Dit beginsel is weer verwezenlijkt, door een gedeelte van het metaal uit de kerndraad over te brengen naar de bekleeding, waarin het fijn verdeeld wordt ondergebracht.

De verhouding die er in totaal bestaat tusschen metaal en slak van de laschstaaf, kan hierbij hetzelfde blijven. Aan het overbrengen van metaal uit de kerndraad naar de bekleeding van de laschstaaf wordt een grens gesteld door de overweging, dat de kerndraad, die de stroom moet voeren, niet te dun mag worden, daar anders de weerstand te groot en dus de toe te laten boogstroom te klein zou worden.

Bij de nieuw ontwikkelde laschstaven, die met het woord „Contact" worden aangeduid (dus bijv. Contact 15), daar zij voortdurend in contact zijn met het werkstuk, is ongeveer de helft van het metaal uit de kerndraad in fijn verdeelde toestand overgebracht naar de bekleeding. In *fig. 1c* is schematisch aangegeven, dat met de laschstaaf Contact 15 sleepend lasschen goed mogelijk moet zijn. De buitendiameter van de laschstaaf is ruim tweemaal zoo groot geworden als de diameter van de kerndraad, zoodat wij te maken hebben met een uitermate dikke bekleeding. Ter vergelijking hebben wij in *fig. 1d* een gewone laschstaaf Ph 55 afgebeeld, die dezelfde buitendiameter bezit en eenzelfde gewicht. Deze beiden smelten dus in dezelfde tijd evenveel ijzer neer.

De verschillende soorten laschstaven onderscheidt men niet alleen naar hun type maar ook naar de dikte van hun kerndraad, die achter de benaming van het type wordt vermeld. Deze dikte bepaalt de boogstroom en bij de gewone laschstaven dus ook de hoeveelheid neergesmolten metaal per seconde. Wij moeten nu bedenken, dat bij de nieuwe contact-laschstaven slechts de helft van het metaal, dat wordt neergesmolten, afkomstig is uit de kerndraad, daar de andere helft door de bekleeding wordt geleverd. Bij de laschstaaf Contact 15 is derhalve de diameter van de kerndraad $\sqrt{2}$ maal kleiner dan die van een laschstaaf Ph 55, welke evenveel ijzer per seconde neersmelt. De nieuwe laschstaaf Contact 15-5 komt dus overeen met de gewone laschstaaf Ph 55-7.

Bij de laschstaaf Contact 15 is ook het ontsteken van de boog veel gemakkelijker geworden. Dit geschiedt hier niet op de gebruikelijke wijze door aantikken en afbreken van de kelk, maar geheel

[2]) P. C. van der Willigen, Philips techn. T. 6, 97, 1941.
[3]) J. ter Berg, Philips techn. T. 7, 91, 1942.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

automatisch. Deze vereenvoudiging van het starten staat in nauw verband met de nieuwe samenstelling van de bekleeding. Bij het ontwikkelen van de contact-laschstaven is nl., zooals wij hebben gezien, in toenemende mate metaal uit de kerndraad overgebracht naar de bekleeding. Wordt de naar de bekleeding overgebrachte hoeveelheid metaal ongeveer even groot als die, welke in de kerndraad is gebleven, dan blijkt het geleidingsvermogen der bekleeding zoo groot te zijn geworden, dat er bij strijken met de onder spanning staande bekleeding over het werkstuk vonken optreden, analoog met hetgeen men ziet bij de stroomafnemers voor electrische tractie bij ijzelvorming. Hierbij vloeit een stroom van de orde van grootte van 0,1 A. Indien men de bekleeding niet strijkt, maar tegen een bepaalde plaats van het werkstuk houdt, neemt de stroom snel toe, en bij ongeveer 1 A gaat hij plotseling over in de boogstroom: de laschboog is dan automatisch ontstoken. Het oscillogram van de stroom vertoont bij Contact 15 een verloop, als geschetst in *fig. 2*;

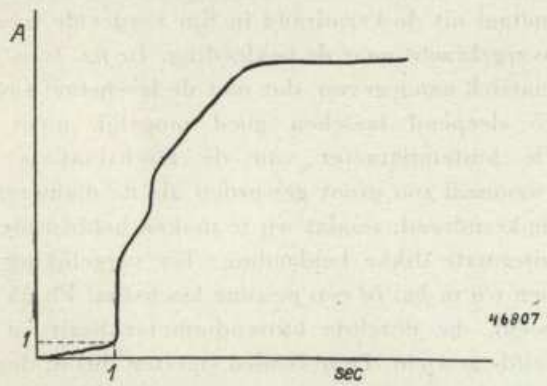

Fig. 2. Oscillogram van het stroomverloop bij het ontsteken van de laschboog van Contact 15. Het ontstekingspunt ligt ongeveer bij 1 A en 1 sec.

meestal is de boog ontstoken binnen één seconde. In warme toestand vindt de ontsteking nog sneller plaats en vanzelfsprekend heeft ook de aangelegde spanning invloed op de snelheid van ontsteken.

Op de zoojuist beschreven wijze is dus de laschstaaf Contact 15 zelfstartend gemaakt. Niet alleen is het starten door den lasscher door middel van aantikken overbodig geworden, ook het herontsteken na een onderbreking van enkele perioden vindt vanzelf plaats. Een dergelijke onderbreking kan onopzettelijk optreden, met als gevolg het dooven van de boog, indien men een laschtransformator gebruikt met een lage open spanning. Het geleidingsvermogen der bekleeding zorgt er bij de nieuwe laschstaven dan voor, dat de boog onmiddellijk wordt herontstoken. Dientengevolge is het mogelijk met de laschstaven van het type Contact 15, welke een kerndiameter van minder dan 5 mm bezitten, ook sleepend te lasschen bij open spanningen van de laschtransformator, die lager liggen dan voor de overeenkomstige laschstaven Ph 55, dwz. dat zij minder boven de boogspanning behoeven te liggen. De laschstaven Contact 15-3,25 en Contact 15-4, die kerndiameters hebben van 3,25, resp. 4 mm [4]), vertoonen bijv. een boogspanning van 25-30 V en het is gebleken, dat men met deze nieuwe laschstaven heel goed sleepend kan lasschen bij een open spanning van 60 V. In sommige gevallen blijkt men zelfs met succes te kunnen werken bij lagere open spanningen (tot 50 V), waarbij men bij het gebruik van de overeenkomstige normale laschstaven uit den aard der zaak last heeft van dooven. Voor de nieuwe laschstaven met kerndiameters van minstens 5 mm (die dus overeenkomen met normale laschstaven van minstens 7 mm kerndiameter) zijn echter wel hoogere spanningen noodig.

De nieuwe laschstaaf Contact 15-5 heeft bijv. een boogspanning van 40 V. Neemt men nu een open spanning voor de laschtransformator, die daar slechts weinig boven ligt, dan werkt deze teveel in het vlakke gedeelte van zijn karakteristiek, hetgeen beteekent, dat de stroom reeds groote veranderingen vertoont tengevolge van slechts kleine variaties in de spanning. De beste resultaten krijgt men, indien de open spanning van de laschtransformator ongeveer 30 V hooger ligt dan bij de boogspanning. Voor de laschstaven Contact 15-5 is dat dus 70 V. Het lasschen geschiedt dan in het steile gedeelte van de karakteristiek, dwz. in het gedeelte waar de spanning sterk afhangt van de stroom. Een eventueele fluctuatie van de boogspanning beïnvloedt dan de stroom nauwelijks.

Het voordeel van het contact-booglasschen bestaat dus uit de mogelijkheid, om gemakkelijk sleepend te lasschen, en uit het automatisch ontsteken en herontsteken van de laschboog. Bovendien is hier bij gegeven stroomsterkte de hoeveelheid neergesmolten materiaal per tijdseenheid aanmerkelijk grooter, zooals wij in een volgend artikel nader zullen bespreken.

Het is inmiddels gebleken, dat deze nieuwe contact-staven niet alleen geschikt zijn voor het contact-booglasschen, waartoe zij werden ontwikkeld, maar dat er bovendien voor het lasschen met de vrije boog belangrijke voordeelen aan

[4]) Deze beide nieuwe laschstaven komen in gewicht overeen met laschstaven van het type Ph 55 met de kerndiameters van resp. 4,7 en 5,6 mm, die echter niet worden gefabriceerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zijn verbonden. De contact-laschstaaf geeft dan veel minder aanleiding tot dooven van de lichtboog, zelfs bij het gebruik van een laschtransformator met lager open spanning dan normaal. Waarschijnlijk is dit een gevolg van het groote geleidingsvermogen der bekleeding, waarmede men onwillekeurig bij een zoo lange kelk wel eens even het smeltbad aanraakt gedurende het lasschen.

Het werken met de contact-laschstaven

Het is opvallend, hoe gemakkelijk met de contact-laschstaven kan worden gelascht. Dit is niet alleen een gevolg van de goede sleepbaarheid maar tevens van het zelfstarten. Moet het starten geschieden op een precies vastgestelde plaats, dan is het een groot gemak, indien het automatisch plaats vindt, in het bijzonder bij gebruik van een laschtang met drukknop. De lasscher zet zijn contactstaaf op de vastgestelde plaats, brengt de laschkap voor zijn oogen en drukt op de knop (zie *fig. 3*). Dat de moeilijkheden met het aantikken en boogtrekken nu vanzelf zijn vervallen, is voor beginnelingen ook een groot gemak.

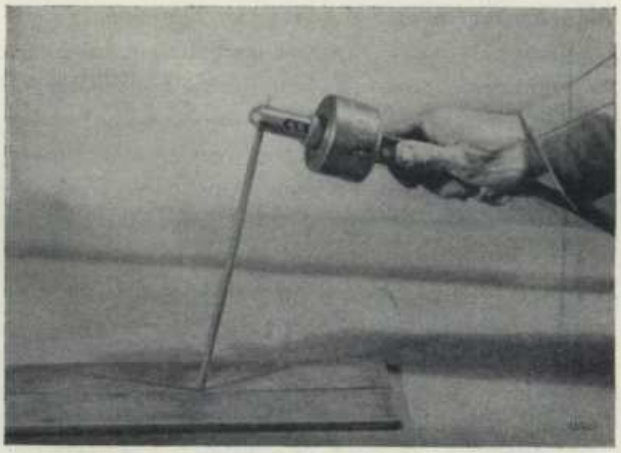

Fig. 3. Foto van een laschtang, speciaal ontwikkeld voor contact-booglasschen. Het starten geschiedt door drukken op de knop onder de duim, waardoor het circuit wordt gesloten.

Zooals wij reeds bespraken, is er oefening voor noodig, om bij het lasschen met de vrije boog steeds een behoorlijke afstand tusschen kerndraad en werkstuk te bewaren, en het blijkt, dat dit in moeilijke laschstanden zelfs voor geoefende lasschers bezwaren oplevert, zoodat die dan ook last kunnen ondervinden van het vastvriezen. Bij de nieuw ontwikkelde contact-staven is de bekleeding echter zoo dik geworden, dat de kelk van de laschstaaf altijd diep en stevig genoeg zal zijn, om er vanzelf voor te zorgen, dat bij slepen over het werkstuk de kerndraad hiervan te ver blijft verwijderd, om te kunnen vastvriezen [5]).

De mechanische eigenschappen van het neergesmolten materiaal [6]) der nieuw ontwikkelde laschstaven Contact 15 en Contact 18 blijken gelijk te zijn aan die van de overeenkomstige normale laschstaven Ph 55 en Ph 48. Het feit, dat bij de contact-staven de boog voor een groot gedeelte door de lange kelk wordt omhuld, is een gunstige factor, die opneming van zuurstof en stikstof uit de lucht vermindert.

Terwijl men gewoonlijk van links naar rechts gaande lascht, komt het lasschen van rechts naar links in de practijk ook vaak voor; hiervoor waren dan linkshandige lasschers gewenscht. Met contact-staven, waarbij het lasschen niet moeilijker is dan het regelmatig laten afsmelten van een kaars tegen een warme plaat, kan dit werk ook door rechtshandigen worden verricht, nl. met de rug van de hand naar het werkstuk gekeerd, het zg. „backhand" lasschen, of door de laschtang in de linkerhand te houden, hetgeen bij het minder gemakkelijke, normale lasschen slechts linkshandigen met succes zullen kunnen doen.

Evenals bij normale laschstaven moet men natuurlijk ook bij contact-staven er zooveel mogelijk voor zorgen, dat de slak niet vóór de boog gaat vloeien, het zg. „voorloopen". Daartoe dient men bij het contact-booglasschen de hoek tusschen laschstaaf en werkstuk niet te groot te maken. Het beste voldoet een hoek van 40° à 45° bij het lasschen onder de hand. Neemt men de hoek kleiner, dan krijgt men meer last van spatten. Verder is een nadeel van een zeer kleine hoek, dat de laschboog niet zoo goed spuit tot in de hoek van een lasch, hetgeen juist van belang kan zijn bij deze staven met lange kelken. In de practijk komt het wel eens voor, dat men niet in de gelegenheid is, om de gewenschte hoek van 40° à 45° aan te houden; bijv. doordat men dan te dicht bij een dwarsschot komt. Het is dan mogelijk van rechts naar links gaande te lasschen, ofwel gebruik te maken van de vrije boog. Daarbij is men nl. in staat zoo te werken, dat de slak achter de boog blijft, hoewel de staaf een groote hoek maakt met het werkstuk.

Het gemakkelijkst is het, om de lasschen zg. „in het gootje" uit te voeren, waarbij de twee te verbinden platen onder een ongeveer rechte hoek zoodanig tegen elkaar zijn geplaatst, dat zij tezamen

---

[5]) In het bijzondere geval, dat de laschstaaf na gedeeltelijk te zijn opgebruikt wordt afgekoeld, kan het gebeuren, dat een niet-geleidend randje slak aan de krater het ontsteken van de boog belet. Men kan dit randje dan echter heel eenvoudig door tikken of met een tangetje afbreken.

[6]) Zie de in noten [1]) en [2]) aangehaalde artikelen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

een horizontaal gootje vormen (*fig. 4*). Dit is wel verreweg de geschiktste laschpositie, waarbij ook de dikste laschstaven zonder bezwaar kunnen worden toegepast. Dit geldt niet slechts voor de tot nu toe gebruikelijke laschmethoden, maar tevens voor het contact-booglasschen, waarmee men dan zeer fraaie resultaten kan verkrijgen. Wij zien op fig. 4 twee liggende hoeklasschen, die vervaardigd zijn met Contact 15-5, links met 360 A wisselstroom, rechts met 310 A gelijkstroom. Het oppervlak van de lasch is bij de laatste het mooist.

Bij de zg. „staande hoeklasch", waarbij de ééne plaat horizontaal ligt en de andere daar loodrecht op staat, kan Contact 15-3,25 en -4 worden toegepast. Bij gebruik van zwaardere maten krijgt de lasch een bol profiel.

Het meest opvallend is het gemak, waarmee „boven het hoofd" gelascht [7]) kan worden met Contact 15-3,25 en 15-4. Dit is de moeilijkste laschstand en sleepend lasschen in deze positie was, voor zoover bekend, nog nooit met succes bekroond. Contact-booglasschen boven het hoofd blijkt echter

Fig. 4. Deze foto toont twee liggende hoeklasschen, die met Contact 15-5 werden uitgevoerd; de rechtsche, die met gelijkstroom geschiedde, heeft een nog mooier oppervlak dan de linksche, die met wisselstroom is vervaardigd.

zeer gemakkelijk te gaan. *Fig. 5* is een foto van een dergelijke lasch, gemaakt met contact 15-3,25 en 140 A gelijkstroom. Geoefende lasschers zullen bij lasschen boven het hoofd de voorkeur geven aan lasschen met de vrije boog, bijv. om door eenige zwaaibewegingen de lasch wat breeder te kunnen maken. Ook in dat geval geeft Contact 15 voordeelen boven normaal bekleede laschstaven, waarvan wel het voornaamste een gevolg is van de diepe kelk van Contact 15, die de druppeltjes beter richting geeft. Daardoor valt bijzonder weinig materiaal naar beneden. Bij Contact 15-5 en hooger wordt het smeltbad te groot en valt het vloeibare ijzer naar

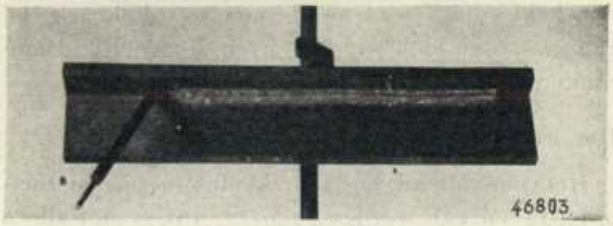

Fig. 5. Boven het hoofd vervaardigde lasch, met behulp van Contact 15-3,25.

omlaag, zoodat Contact 15-4 de zwaarste laschstaaf is, waarmee boven het hoofd gelascht kan worden.

Bij het lasschen van schepen komt het zeer veel voor, dat men in het verticale vlak (de scheepswand) een horizontaal verloopende lasch moet leggen, om twee platen aan elkaar te verbinden. Dit werk blijkt heel goed uit te voeren met Contact 15-3,25 en 15-4

Bij opgaand verticaal lasschen dient men in het algemeen de laschstaaf loodrecht op de voortgaande laschrichting heen en weer te bewegen, zg. te „zwaaien", teneinde een voldoende breede laschrups te verkrijgen, waarop het gesmolten materiaal kan blijven liggen, totdat het stolt op de gewenschte plaats. Het groote voordeel van contact-booglasschen, nl. dat daarbij geen nauwkeurig afgepaste bewegingen behoeven te worden gemaakt, kan dus hier niet tot uiting komen. Bij het opgaand verticaal lasschen zal men dus steeds werken met de vrije boog, waarbij echter toch met voordeel gebruik kan worden gemaakt van de contact-staven, waarop wij reeds eerder hebben gedoeld. In *fig. 6* zien wij een goede lasch, die verticaal opgaand met de vrije boog is gemaakt met Contact 15-3,25 en een laschtransformator voor een open spanning van slechts 50 V.

Bij het verticaal neergaand lasschen met Contact 15 wordt meestal last ondervonden van te veel slak; men moet trachten de slak boven de laschboog te houden, omdat bij het laten loopen van de slak langs de boog, wegdrukken van de boog en van het gesmolten ijzer plaats heeft, met als gevolg een fout in de oppervlakte van de lasch. Het is om deze reden, dat een contact-staaf is ontwikkeld met een dunnere bekleeding, namelijk Contact 18. Hierbij is, uitgaande van Ph 48 die zeer veel voor neergaand verticaal lasschen wordt gebruikt, hetzelfde principe toegepast als bij Contact 15. Met Contact 18 gelukt het, dank zij de kleine hoeveelheid snel stollende slak, wel gemakkelijk om de slak boven de lasch te

[7]) Vgl. bijv. Philips techn. T. 4, 9, 1939.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

houden. De lasschen, op deze wijze gemaakt, vertoonen een bijzonder glad uiterlijk. Daar nu de laschrups veel regelmatiger van structuur is, laat de slak vaak vanzelf los. Deze contact-staaf is, evenals Contact 15, zoowel geschikt voor lasschen met gelijkstroom als met wisselstroom. De lasch van *fig.* 7 werd gemaakt met behulp van Contact 18-4.

Wij willen hier tenslotte ook nog enkele opmerkingen maken over het lasschen met groote stroomsterkten, waarbij dikke laschstaven worden gebruikt, en dat in Amerika wel wordt betiteld met „hot-welding". Het gaat hier om stroomen boven 600 A en diameters boven ongeveer 7 mm. Deze methode heeft tot dusverre echter nooit veel opgang gemaakt. De redenen hiervan waren:

a) Het hanteeren der zware laschstaven is op den duur zeer vermoeiend voor den lasscher.
b) Het spatten is bij deze staven zeer sterk.
c) De straling is, vooral bij warm weer, op den duur hinderlijk.
d) Zeer vaak wordt last ondervonden van randinbranding, dwz. van het feit, dat langs de rand van de laschrups het oorspronkelijke materiaal is weggebrand.

Gebruikt men Contact 15-6 of 15-8 of 15-10 (deze laatste komt overeen met Ph 55-14 en wordt gelascht met 900-1200 A) voor dit doel, dan vervalt het eerste bezwaar, daar bij het contact-booglasschen de laschstaaf op het werkstuk rust. Tengevolge van de lange kelk, die de laschboog voor een groot gedeelte afschermt, is het spatten zeer veel minder. Eenige bepalingen gaven spatverliezen, die slechts een derde gedeelte bedroegen van die met de overeenkomstige laschstaaf Ph 55. Door dezelfde oorzaak is de straling van de laschboog minder, vooral in de richting van den lasscher, daar de kelk hier de boog practisch geheel afschermt. Tenslotte blijkt het laatstgenoemde bezwaar bij Contact 15 niet meer op te treden.

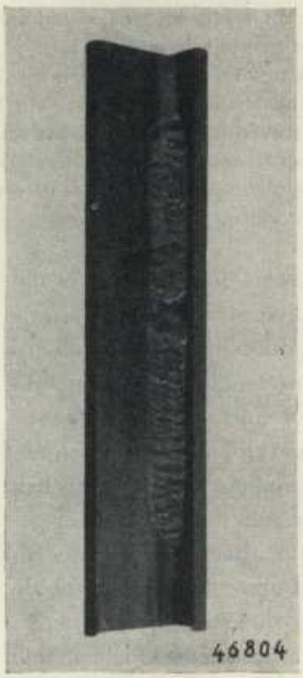

Fig. 6

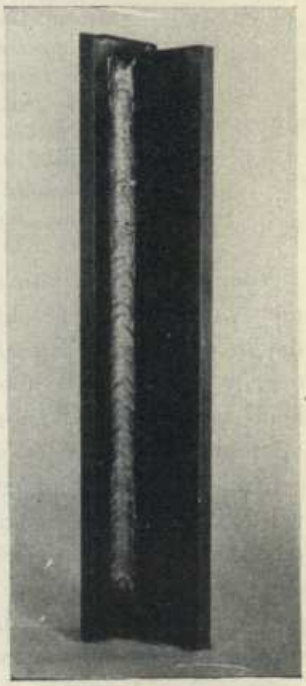

Fig. 7

Fig. 6. Verticaal opgaand gelascht met behulp van de laschstaaf Contact 15-3,25. In dit geval werd gebruik gemaakt van de vrije boog, aangezien het contact-booglasschen geen zin heeft voor deze stand, waarbij toch steeds gezwaaid dient te worden. De gebruikte open spanning van de laschtransformator bedroeg slechts 50 V.
Fig. 7. Verticaal neergaand gelascht met behulp van Contact 18-4, die een dunne bekleeding heeft.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE SIGNALEERING BIJ DRAAGGOLFTELEFONIE

door F. A. de GROOT.

621.395.63:621.395.44

Het tot stand komen van een verbinding tusschen twee abonné's van een telefoonnet vereischt het zenden van verschillende signalen van de abonnétoestellen naar de centrale en omgekeerd. Deze signaleering geschiedt bij locale netten voor een deel met gelijkstroom. Daar dit echter bij lange interlocale lijnen en speciaal bij draaggolftelefonieverbindingen niet mogelijk is, moesten hiervoor andere methoden worden ontwikkeld. Na een korte bespreking van de signaleering met wisselstroom van hoorbare frequentie wordt in dit artikel nader ingegaan op het door Philips ontwikkelde systeem van signaleering met de draaggolven. Bij de beschrijving van de practische uitvoering dezer signaleeringsmethode wordt vooral besproken, op welke wijze storingen van de signalen en door de signalen worden vermeden, en hoe de vervorming, welke de signalen bij de overdracht kunnen ondervinden, wordt tegengegaan.

Voor het voeren van een telefoongesprek is het niet voldoende te beschikken over een installatie die in staat is de spraak duidelijk en ongestoord over te brengen. Elke abonné moet ook de mogelijkheid hebben om elken gewenschten mede-abonné op te bellen. Hiervoor moet hij aan de telefooncentrale kenbaar kunnen maken, dat hij spreken wil en met wie; de centrale moet de verbinding gereed maken, den gewenschten abonné waarschuwen, aan den aanvragenden abonné meedeelen of de gewenschte abonné al dan niet in gesprek is, enz.; tenslotte moet na afloop van het gesprek de centrale gewaarschuwd worden, dat zij alles weer in de rusttoestand kan brengen.

Al deze en eventueele andere waarschuwingen en mededeelingen worden bewerkstelligd door bepaalde signalen, en het complex van hulpmiddelen, die voor het opwekken en overbrengen van deze signalen dienen, noemt men de signaleering.

Een signaleering is niet alleen noodzakelijk voor locale, maar ook voor interlocale telefoonverbindingen. De problemen die zich hierbij voordoen, vooral wanneer voor de interlocale verbinding gebruik wordt gemaakt van draaggolftelefonie, zullen we in dit artikel bespreken. In het bijzonder zullen we een door Philips ontwikkeld signaleeringssysteem, waarbij de draaggolven zelf voor het signaleeren worden gebruikt, uitvoerig behandelen.

We beginnen met een vereenvoudigde beschrijving van wat er gebeurt bij een locaal telefoongesprek tusschen twee abonné's, aangesloten op een automatische centrale.

Signaleering bij een locale verbinding met automatische centrale

In *fig. 1* is met weglating van alle voor het begrip niet essentieele details de schakeling weergegeven van de verbinding tusschen twee abonné's *a* en *b*.

In de rusttoestand liggen de telefoons van beide abonné's op de haak, de contacten H_a en H_b zijn geopend, de lijnen voeren geen stroom, de relais R_a en R_b zijn „af". Nu neemt *a* de telefoon van de haak, het contact H_a sluit zich en door de lijn en het toestel gaat een gelijkstroom I_a loopen, welke door de batterij E wordt geleverd. Deze gelijkstroom (die overigens ook voor de voeding van de koolmicrofoon M dient) bekrachtigt het relais R_a, dit

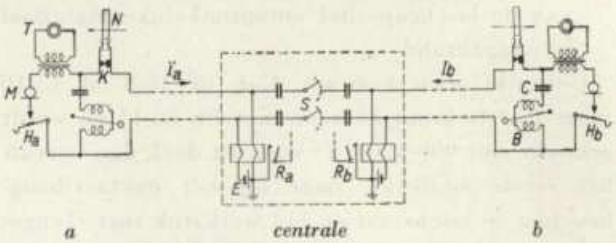

Fig. 1. Vereenvoudigd schema van de signaleering bij een locale telefoonverbinding met automatische centrale. M microfoon, T telefoon, H_a en H_b haakcontacten, B bel, C condensator, N nokkenschijf, K contact van kiesschijf, I_a en I_b lijnstroomen, R_a en R_b relais, S kiezers.

relais „komt op", waardoor de centrale wordt gewaarschuwd, dat *a* wil spreken. De centrale maakt zich nu, door een schakelproces, dat ons in dit verband niet interesseert, gereed om te „hooren", met wie *a* wil spreken. Dat de centrale hiervoor gereed is, wordt aan *a* medegedeeld door een zg. kiestoon, die de centrale over de lijn stuurt. Op het hooren hiervan gaat de abonné kiezen, dwz. hij draait zijn kiesschijf op en laat deze weer terugloopen; bij dit terugloopen wordt de lijnstroom (door middel van de nok N en het contact K) een aantal malen onderbroken, nl. zooveel malen als het gekozen cijfer aangeeft. Bij elke onderbreking valt het relais R_a af, geeft aldus de impulsen door naar de in de centrale opgestelde automatische kiezers en doet deze hierdoor de lijn van den opgeroepen abonné opzoeken. Zoodra deze lijn is gevonden, wordt onderzocht of zij vrij is (kenbaar aan het al of niet „op" zijn van relais R_b). Is zij niet vrij, dan stuurt de centrale over de lijn naar *a* het in-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

gesprek-signaal. Is de lijn wèl vrij dan stuurt de centrale een wisselstroom met een grondfrequentie van 16 per/sec naar *b*, de zg. belstroom. Weliswaar is het haakcontact bij dezen abonné open, maar de wisselstroom passeert de condensator *C*, die met de zelfinductie van de bel op 16 per/sec is afgestemd, en doet de bel overgaan. Tevens stuurt de centrale een beltoon over de lijn naar abonné *a*, ten teeken, dat er gebeld wordt bij *b*. Zoodra *b* zijn telefoon opneemt, gaat er ook in zijn lijn gelijkstroom loopen, het bellen wordt door het opkomen van het relais R_b stopgezet en het gesprek kan plaats vinden. Na afloop van het gesprek leggen de abonné's hun telefoon weer op de haak, de gelijkstroom in beide lijnen wordt hierdoor onderbroken, de relais R_a en R_b vallen af en hierdoor keeren de kiezers en de diverse relais in de centrale in de rusttoestand terug.

In *fig. 2* is dit geheele gebeuren grafisch voorgesteld, door de stroomen I_a en I_b op de lijnen van

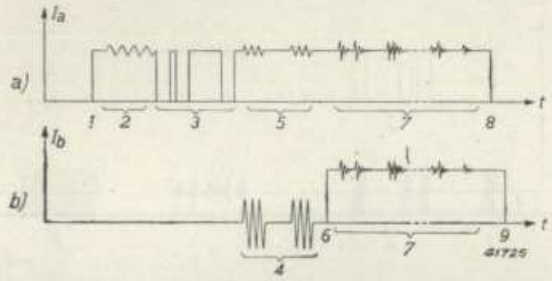

Fig. 2. Verloop van de lijnstroomen I_a en I_b bij een telefoongesprek. *a*) Lijn van aanvragenden abonné, *b*) lijn van opgeroepen abonné. *1* beginsignaal, *2* kiestoon, *3* kiesimpulsen, *4* belstroom, *5* beltoon, *6* antwoordsignaal, *7* spraakstroomen, *8* en *9* slotsignaal.

den aanvragenden en den opgeroepen abonné als functie van de tijd op te teekenen. Men ziet, dat de signaleering de volgende signalen omvat [1]):

Het beginsignaal (*1*, inschakelen van de gelijkstroom I_a).

De kiestoon (*2*).

De kiesimpulsen (*3*, onderbrekingen van de gelijkstroom I_a).

De belstroom van 16 per/sec (*4*).

De beltoon dan wel in-gesprek-toon (*5*).

Het antwoordsignaal (*6*, inschakelen van de gelijkstroom I_b).

Het slotsignaal (*8-9*, uitschakelen van I_a en I_b).

Signaleering bij interlocaal verkeer

Ook voor interlocaal verkeer wordt tegenwoordig in toenemende mate gebruik gemaakt van het automatisch kiezen. In Nederland bijv. is het telefoonnet reeds in belangrijke deelen van het land op deze leest geschoeid. Een verbinding wordt hierbij in principe op dezelfde wijze tot stand gebracht, als hierboven voor een locaal gesprek is beschreven. Stel, dat de abonné *a* in *A* wil spreken met abonné *d* in *D*. Hij neemt de telefoon van de haak, wacht tot hij de kiestoon van zijn stadscentrale *A* hoort en kiest dan een bepaald cijfer, waardoor de stadscentrale hem doorverbindt met de interlocale centrale *B* (zie *fig. 3*). In deze centrale zoeken de

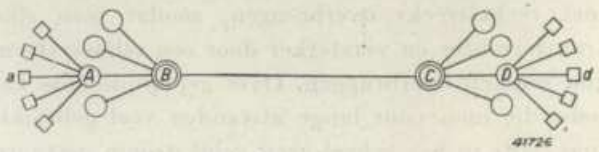

Fig. 3. Schema van een interlocale verbinding tusschen abonné *a* aangesloten op de stadscentrale *A*, en abonné *d* aangesloten op de stadscentrale *D*. Verschillende in elkaars nabijheid gelegen stadscentrales zijn telkens aangesloten op een interlocale centrale (*B* en *C*). De lijn tusschen stadscentrale en interlocale centrale beschouwen we nog als „locale" lijn. Tusschen de ver van elkaar gelegen interlocale centrales *B* en *C* ligt de eigenlijke interlocale lijn.

kiezers als gevolg van nieuwe kiesimpulsen een lijn op naar de interlocale centrale *C*. Zoodra deze lijn gevonden is, wordt er een waarschuwing naar *C* gestuurd (een nieuw beginsignaal). De abonné kiest verder en de nu volgende impulsen moeten over de interlocale lijn naar *C* overgebracht worden om hier de kiezers te sturen naar een lijn, die *C* met de stadscentrale *D* verbindt. Deze centrale stuurt nu de kiestoon terug naar den abonné *a*, deze stuurt met zijn kiesschijf impulsen over de heele verbinding naar de kiezers in *D*, waardoor de lijn van abonné *d* wordt opgezocht. De centrale *D* stuurt dan op de reeds beschreven wijze de belstroom naar *d* en tevens de beltoon resp. de in-gesprek-toon terug naar *a*. Na afloop van het gesprek is weer een slotsignaal van *B* naar *C* (of eventueel omgekeerd) noodig om de verbinding af te breken en de apparatuur in de rusttoestand te brengen [2]).

Wij zien dus, dat vrijwel alle bij de locale verbinding besproken signalen ook over de interlocale lijn moeten worden overgebracht: beginsignaal, kiesimpulsen en slotsignaal als voor de apparatuur bestemde signalen, verder kiestoon en bel- of in-gesprek-toon als signalen, bestemd voor het oor van den aanvragenden abonné om dezen op de hoogte te brengen van de toestand [3]).

[1]) Er komen naast de hier genoemde nog andere signalen voor, zooals signalen voor het tellen van de gesprekken, het meten van de gespreksduur, enz. Daar deze voor de hier te beschouwen problemen niets nieuws meebrengen, laten wij ze verder buiten beschouwing.

[2]) De hier geschetste gang van zaken is kenmerkend voor het zg. directe systeem. Er bestaan ook andere kiessystemen (registersystemen); de daarbij vereischte signalen zijn echter in principe dezelfde als bij het directe systeem.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Verschillende signaleeringsmethoden

Wij hebben gezien, dat voor de signaleering op de locale lijn, voorzoover het de voor de apparatuur bestemde signalen betreft, gebruik wordt gemaakt van gelijkstroom, die toch noodig is voor de voeding van de microfoon. Ook voor interlocale verbindingen op korte afstanden wordt van gelijkstroom gebruik gemaakt. Bij langere verbindingen echter wordt het moeilijk om op deze wijze een bevredigende oplossing te verkrijgen: de transformatoren en de eventueele versterkers, die in de lijn voorkomen, kunnen de gelijkstroom niet rechtstreeks overbrengen, zoodat men elke transformator en versterker door een relaissysteem zou moeten overbruggen. Over gepupiniseerde kabels, die men voor lange afstanden veel gebruikt, mag zelfs in het geheel geen gelijkstroom gestuurd worden, omdat de hierdoor veroorzaakte magnetisatie de eigenschappen van de Pupinspoelen zou bederven.

Ook bij draaggolftelefonie is het gebruik van gelijkstroom voor de signaleering uitgesloten, omdat we hierbij vele gesprekken over één aderpaar voeren en er maar één gelijkstroom over een aderpaar kan worden gestuurd. De signalen moeten dus op andere wijze worden overgebracht en wel moet er bij elk spraakkanaal een, van de andere kanalen onafhankelijke, signaalweg bestaan.

De methode die in deze gevallen tot nu toe algemeen wordt toegepast, is de zg. toonfrequente signaleering. De gelijkstroomsignalen die op de locale lijn optreden, worden in de interlocale centrale omgezet in wisselstroomsignalen met een frequentie in het hoorbare gebied, tusschen 300 en 2800 per/sec gelegen. Daar de interlocale lijn dit frequentiegebied toch in ieder geval moet overbrengen, hetzij direct, hetzij op een draaggolf gemoduleerd, kunnen de wisselstroomsignalen zonder meer over de interlocale lijn worden overgedragen. Aan de ontvangzijde worden de signalen weer in gelijkstroomsignalen omgezet, door de signaalfrequentie uit te zeven en met de signaalspanning een relais te bekrachtigen.

Het begin- en het slotsignaal van een gesprek, welke signalen op de locale lijn uit het inschakelen resp. uitschakelen van de gelijkstroom bestaan, kunnen bij toonfrequente signaleering niet als inschakelen en uitschakelen van de wisselstroom worden overgebracht. Deze wisselstroom zou dan immers ook gedurende het geheele gesprek aanwezig moeten zijn en zou door de abonné's als een hinderlijke fluittoon worden gehoord. Begin- en slotsignaal worden derhalve nu gegeven door wisselstroomimpulsen van een zekere lengte. Men spreekt hier van een impulssignaleering, in tegenstelling met een continue signaleering, zooals die met gelijkstroom, waar de signaalstroom tijdens het gesprek blijft loopen. De kiesimpulsen, die bij de continue signaleering uit onderbrekingen van de signaalstroom bestaan, worden bij de impulssignaleering, evenals begin- en slotsignaal, door wisselstroomimpulsen overgedragen. De overgang van de continue signaleering naar de impulssignaleering is in *fig. 4* verduidelijkt. Hij wordt in de practijk bewerkstelligd door een combinatie van een aantal relais, een zg. relaisgroep.

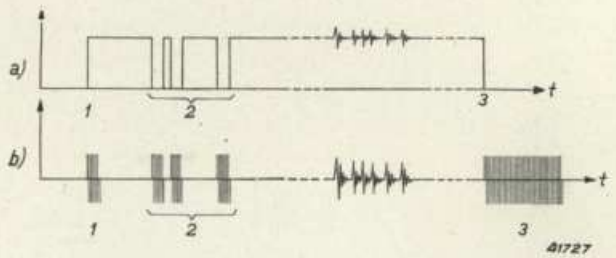

Fig. 4. Overgang van continue signaleering, met gelijkstroom (*a*), naar impulssignaleering, met toonfrequente wisselstroom (*b*). *1* beginsignaal, *2* kiesimpulsen, *3* slotsignaal.

De relaisgroepen maken de signaleering gecompliceerder en verhoogen de kans op storingen. Behalve deze complicatie kleeft er echter nog een principieele moeilijkheid aan de toonfrequente signaleeringsmethode. Het feit, dat de signaalfrequentie hierbij in het frequentiegebied van de spraak wordt gekozen, impliceert nl. de mogelijkheid, dat de signaalontvanger ook op de spraakspanningen zelf reageert: treedt de signaalfrequentie met eenige sterkte in een spraakklank op, dan kan de signaalontvanger dit bijv. opvatten als een slotsignaal en de verbinding ontijdig verbreken. Om dit te voorkomen moet de signaalontvanger zoo worden geconstrueerd, dat hij kan onderscheiden, of een spanning met de signaalfrequentie afkomstig is van een signaal dan wel van andere oorsprong. Hierbij wordt veelal gebruik gemaakt van het feit, dat bij spraak altijd verschillende frequenties tegelijk optreden, terwijl bij signaleeren alleen de signaalfrequentie voorkomt. De spanningen met andere frequenties worden dan gebruikt om de signaalontvanger buiten werking te stellen, met behulp van een schakeling

[3]) Een verbinding tusschen twee handcentrales is, wat de signaleering betreft, vaak eenvoudiger dan een tusschen twee automatische centrales, daar hier de kiesimpulsen en de signalen, bestemd voor het oor van den oproependen abonné, komen te vervallen. De begin- en slotsignalen blijven noodig, daar het niet mogelijk is om op elke lijn permanent een telefoniste te laten luisteren. De kiesimpulsen echter zijn het, die de grootste technische moeilijkheden veroorzaken, zooals we nog zullen zien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

die in *fig. 5* is weergegeven en in het bijschrift toegelicht. Deze inrichting werkt bevredigend, doch heeft het groote bezwaar, dat door schakelstooten of luide spraak de signaalontvanger geblokkeerd kan worden, waardoor impulsen verloren gaan of worden vervormd.

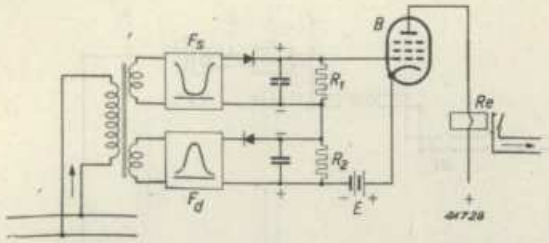

Fig. 5. Signaalontvanger voor toonfrequente signaleering. Het toestel moet onderscheiden, of een ingangsspanning met de signaalfrequentie afkomstig is van een signaal dan wel van spraak of storingen. Hiervoor wordt de ingangsspanning aan twee parallelgeschakelde filters F_s en F_d toegevoerd. F_s laat de signaalfrequentie door en dempt de overige frequenties, F_d dempt juist de signaalfrequentie en laat de rest door. De uitgangsspanningen van de twee filters worden gelijkgericht en met tegengestelde polariteit aan het stuurrooster van de versterkerbuis B toegevoerd. Deze buis laat tengevolge van de negatieve vóórspanning, geleverd door de batterij E, geen anodestroom door, het relais Re is dus af. Arriveert een stroom met de signaalfrequentie, dan ontstaat over R_1 een positieve spanning, de buis gaat stroom voeren en Re komt op. Komen er echter tegelijk met de signaalfrequentie nog andere frequenties aan, dan zal over R_2 een negatieve spanning ontstaan. Is deze even groot of grooter dan de spanning op R_1, dan blijft de buis B „afgeknepen" en Re komt niet op.

Draaggolfsignaleering

Terwijl de beschreven methode van toonfrequente signaleering zoowel voor normale (laagfrequente) als voor draaggolftelefonieverbindingen kan worden toegepast, is de nu te bespreken methode speciaal voor draaggolftelefonie bestemd. Bij deze methode, die door Philips eenige jaren geleden is ontwikkeld, is het reageeren op spraak geheel uitgesloten.

Bij draaggolftelefonie worden de spraaktrillingen van elk gesprek, tegelijk met een draaggolf van hoogere frequentie, toegevoerd aan een modulator. Deze zet de spraaktrillingen om in zijbanden van de draaggolf, laat echter dank zij een geschikte schakeling de draaggolf zelf niet of vrijwel niet door [4]). De draaggolf zelf wordt dus niet over de lijn gezonden. Om de overgebrachte zijband — het is er maar één, want de andere wordt in het zendbandfilter onderdrukt — weer in het oorspronkelijke frequentiegebied terug te kunnen brengen, wordt aan de ontvangzijde in de demodulator de draaggolf weer toegevoegd.

Bij de nieuwe signaleeringsmethode wordt nu de draaggolffrequentie van elk gesprekkanaal gebruikt voor de signaleering van dat kanaal. Afzonderlijke oscillatoren voor het opwekken der draaggolffrequenties zijn niet vereischt, daar de draaggolven immers ook voor de modulatoren (en de demodulatoren) noodig zijn en dus toch al in het station worden opgewekt [5]). In elk kanaal kan door middel van een zendrelais de draaggolf achter de modulator op de lijn worden gezet. Aan de ontvangzijde is parallel aan de demodulator een selectieve ontvanger geschakeld, die de draaggolf versterkt en gelijkricht. Door de verkregen gelijkspanning wordt een ontvangrelais bestuurd, dat de signalen naar de desbetreffende apparaten van de automatische centrale doorgeeft.

Men werkt bij deze methode dus met een frequentie, die niet in het gemoduleerde spraakspectrum voorkomt en na de demodulatie geen hoorbare toon geeft. In de eerste plaats is het daardoor mogelijk om weer continu te signaleeren, evenals bij de locale telefonie gedaan wordt met behulp van de gelijkstroom (de draaggolf zelf kan feitelijk ook als „verschoven gelijkstroom" van het bijbehoorende kanaal worden beschouwd). Daarmee worden de bovenvermelde relaisgroepen veel eenvoudiger. Aan de andere kant brengt het continu signaleeren, zooals we nog zullen bespreken, ook nadeelen met zich mede door de noodzakelijke beperking van de toelaatbare signaalsterkte. Past men om deze reden toch liever impulssignaleering toe, dan blijft het belangrijke voordeel bestaan, dat reageeren van de signaalontvanger op spraak in principe niet is te vreezen, daar de draaggolffrequentie niet in de gemoduleerde spraak voorkomt. (De spraakstroomen van de naburige kanalen, die in principe wèl de draaggolffrequentie van het eerstbeschouwde kanaal bevatten, worden toch al ter vermijding van overspreken uit het kanaal geweerd door de filters en kunnen dus de signaalontvanger ook niet storen.)

Bij de practische uitvoering van de draaggolfsignaleering moeten de volgende eischen in het oog worden gehouden:

1) De signaleering mag geen storing van de spraak (of de signalen) van andere kanalen veroorzaken.
2) De signalen moeten onvervormd worden overgebracht.

De tweede eisch geldt vooral ten aanzien van de kiesimpulsen. Deze worden bijv. met een snelheid van 10 impulsen per seconde gegeven, waarbij elke impuls bijv. tweemaal zoo lang duurt als de tijdsduur tusschen twee impulsen (zie fig. 4). Met het oog op een betrouwbaar werken van de kiezers in de automatische centrale zijn slechts bepaalde afwijkingen van de nominale duur der impulsen

[4]) Zie: F. A. de Groot en P. J. den Haan, Modulatoren voor draaggolftelefonie, Philips techn. T. 7, 83, 1942.

[5]) Zie: D. Goedhart en G. Hepp, Philips techn. T. 8, 137, 1946.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

toelaatbaar. Deze toleranties worden echter voor het overgroote deel reeds verbruikt door de overige apparatuur, o.a. door de variaties in het loopen van de kiesschijf van het abonnétoestel. Zoo wordt voor de interlocale verbinding de eisch gesteld, dat de lengte van de aan het begin toegevoerde kies-

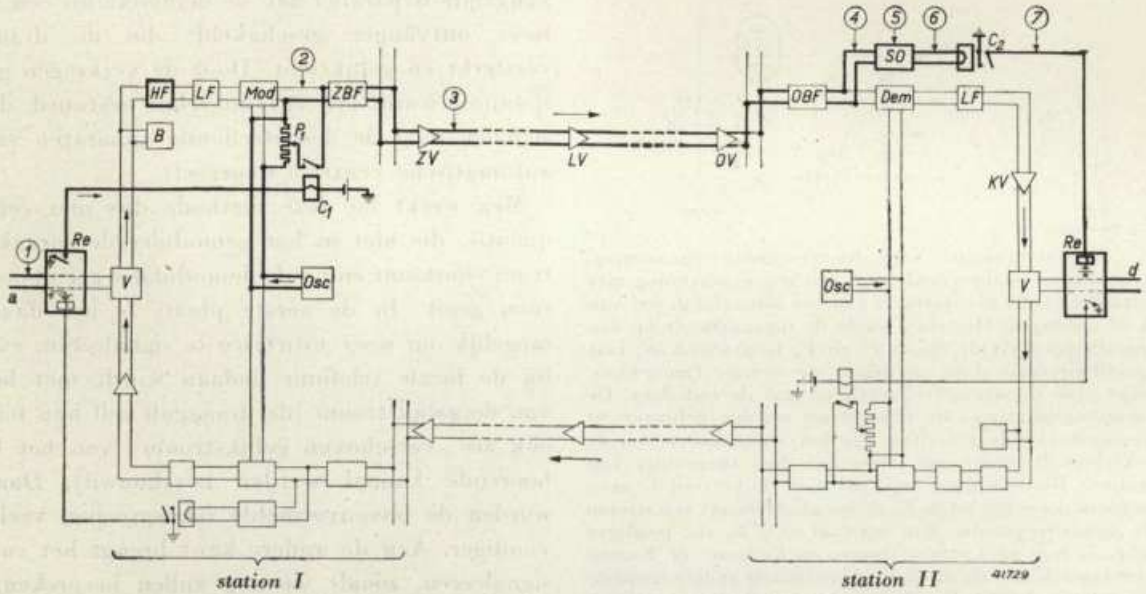

Fig. 6. Vereenvoudigd schema van één kanaal van een draaggolftelefonieverbinding tusschen twee stations *I* en *II*. De voor de signaleering toegevoegde deelen en de weg van de signalen zijn met dikke lijnen aangegeven. Bij *a* (resp. *d*) komt de „locale" lijn aan. *Re* relaisgroep, *V* vorkschakeling, *B* begrenzer, *HF* hoog doorlatend filter, *LF* laag doorlatend filter, *Mod* modulator, *Osc* generator, die de draaggolf levert, C_1 zendrelais, P_1 potentiometer voor het regelen van de sterkte van het draaggolfsignaal, *ZBF* zendbandfilter, *ZV* zendversterker, *LV* lijnversterkers, *OV* ontvangversterker, *OBF* ontvangbandfilter, *SO* signaalontvanger, C_2 ontvangrelais, *Dem* demodulator, *KV* kanaalversterker.

impulsen in het ontvangstation met hoogstens enkele duizendste seconden afwijking wordt gereproduceerd.

Wij zullen nu aan de hand van de genoemde eischen de uitvoering van de draaggolfsignaleering nader bespreken.

Practische uitvoering van de draaggolfsignaleering

Vermijding van storingen

In *fig. 6* is in de vorm van een blokschema de apparatuur voor één kanaal van een draaggolftelefonieverbinding weergegeven, waarbij met dikke lijnen de weg van de signalen is aangegeven en de onderdeelen, die voor de signaleering zijn toegevoegd.

Zooals men in het schema ziet, worden de draaggolfsignalen (met behulp van het relais C_1) niet rechtstreeks op de gemeenschappelijke lijn, maar op de ingang van het zendbandfilter gebracht. Dit is noodzakelijk om storingen in andere kanalen te vermijden. De kiesimpulsen, die door het relais worden gezonden, zijn nl. op te vatten als een draaggolf, gemoduleerd met een soort blokjeskromme met een grondfrequentie van 10 per/sec. De harmonischen van deze grondfrequentie, waaruit de blokjeskromme volgens Fourier is opgebouwd, treden op als zijbandfrequenties van de draaggolf, en deze zijbandfrequenties vallen ten deele in de naburige kanalen (*fig. 7*). Een nadere beschouwing leert, dat bijv. de 250ste harmonische (2500 per/sec), die bij een draaggolfafstand van 4000 per/sec van twee naburige kanalen, in het lagere kanaal na demodulatie een toon van 1500 per/sec oplevert, ca 50 db

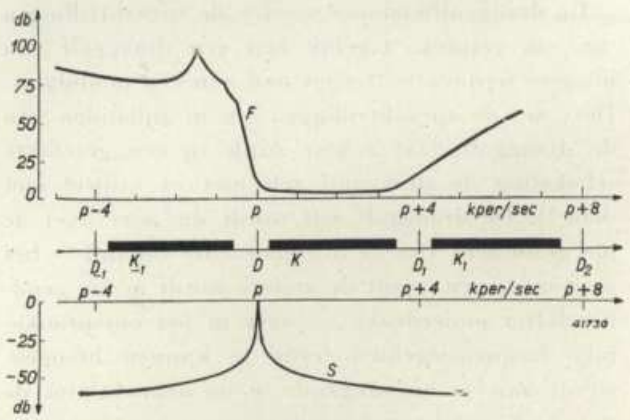

Fig. 7. Dempingskromme *F* van het zendbandfilter van een kanaal. *D* draaggolf, *K* frequentiegebied, dat voor de spraak in dit kanaal moet worden overgebracht; daarnaast zijn de overeenkomstige frequentiegebieden en de draaggolven van eenige naburige kanalen aangegeven. *S* amplitude van de harmonischen der kiesimpulsen voor het beschouwde kanaal *K*; de harmonischen hebben een onderlinge afstand van 10 per/sec. Elke derde harmonische heeft een sterkte nul, deze fijnstructuur is in de teekening echter niet te zien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

onder het spraakniveau ligt. Dit is op zichzelf nog niet erg hinderlijk, maar doordat verscheidene honderden van deze harmonischen in de spraakband vallen, ontstaat in totaal een ontoelaatbaar sterke storing. Door het zendbandfilter worden nu alle zijbandfrequenties die in andere kanalen zouden vallen, gedempt, zooals uit de filterkromme in fig. 7 blijkt.

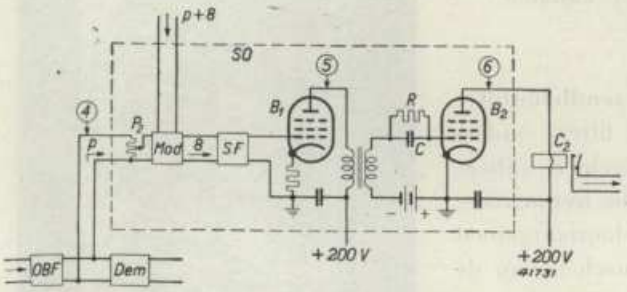

Fig. 8. Schakeling van de signaalontvanger (*SO*). P_2 potentiometer voor het regelen van de sterkte van het ingangssignaal, *Mod* modulator, *SF* filter voor 8 kper/sec, B_1 versterkerbuis, B_2 detectorbuis.

Aan de ontvangzijde zien wij in fig. 6 de signaalontvanger (*SO*), die bij ontvangst van een signaal het relais C_2 moet doen opkomen. Om te beletten, dat de ontvanger ook op de spraakspanningen reageert, moet hij een scherp filter voor de signaalfrequentie bevatten. Teneinde nu niet voor elk kanaal een ontvanger met een ander filter te moeten construeeren, hetgeen bezwaarlijk is bij het ontwerp, de fabricage en het bedrijf van de installatie, wordt het binnenkomende signaal (frequentie p) in de ontvanger gemoduleerd met een 8 kper/sec hoogere of lagere frequentie ($p \pm 8$), waardoor o.a. de verschilfrequentie van 8 kper/sec ontstaat. Deze wordt uitgefilterd en aan een versterker en gelijkrichter toegevoerd (*fig. 8*). Voor alle kanalen kan zoodoende eenzelfde filter, nl. voor 8 kper/sec, worden gebruikt. Dit filter heeft de in *fig. 9* weergegeven dempingskromme. Men ziet, dat reeds op 300 per/sec afstand van de signaleeringsfrequentie de demping ruim 30 db bedraagt, terwijl de eigenlijke spraakband hier pas begint.

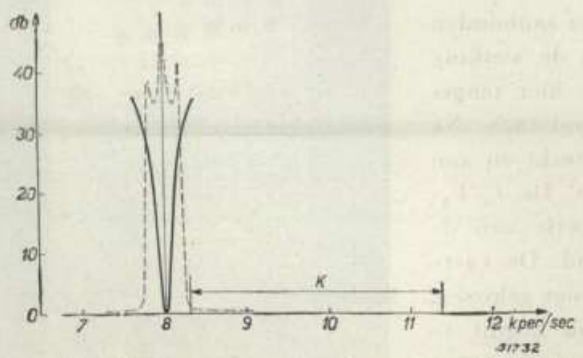

Fig. 9. Dempingskromme van het filter voor 8 kper/sec in de signaalontvanger. *K* is de frequentieband van het bijbehoorende spraakkanaal. De gestippelde kromme is de dempingskarakteristiek van het verderop te bespreken hoog doorlatende filter, verschoven naar 8 kper/sec.

Waarom juist met een frequentie van 8 kper/sec wordt gewerkt, is gemakkelijk in te zien. Ten eerste vallen de voor het moduleeren noodige frequenties $p \pm 8$ samen met de draaggolven van andere kanalen, staan dus in de eindstations van de installatie zonder verdere hulpapparatuur ter beschikking. Ten tweede is het voordeelig de verschilfrequentie laag te kiezen, daar dan de filterkromme relatief minder smal behoeft te worden gemaakt: een absolute breedte van het doorlaatgebied van 600 per/sec beteekent bij een signaalfrequentie van 60 kper/sec een relatieve breedte van 1%, bij 8 kper/sec daarentegen een relatieve breedte van 7,4%, hetgeen veel gemakkelijker is te verwezenlijken.

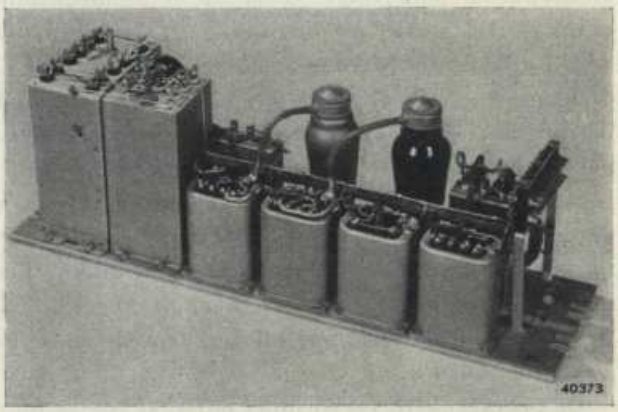

Fig. 10. Signaalontvanger. Links de modulator en het filter, rechts achter de twee buizen.

Daar de draaggolfafstand normaal 4 kper/sec bedraagt, had men dus feitelijk nog beter met een verschilfrequentie van 4 kper/sec kunnen werken. Dit is echter niet gedaan om de volgende reden. De draaggolffrequentie p levert in de signaalontvanger na modulatie met $p+8$ de verschilfrequentie 8 kper/sec. Maar ook de draaggolffrequentie $p+16$ („spiegelfrequentie"), die bij het 4 kanalen hooger gelegen spraakkanaal behoort en voor dat kanaal de signalen overbrengt, levert in de eerstbeschouwde ontvanger de verschilfrequentie 8 kper/sec, zoodat de ontvanger hierop ook zou reageeren. Om dit te voorkomen wordt de signaalontvanger niet rechtstreeks op de lijn aangesloten, maar achter het ontvangbandfilter van zijn kanaal (zie in fig. 6); of nauwkeuriger: achter de eerste secties van het ontvangbandfilter, om de signalen niet ten volle de demping die dat filter voor de draaggolffrequentie levert, te laten ondergaan.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Het filter heeft in hoofdzaak dezelfde dempingskromme als het zendbandfilter (fig. 7). De demping der betrokken secties bij $p+8$ is nog niet zoo groot, dat een opkomen van het ontvangrelais op een signaal met deze frequentie — welk gevaar dreigt bij het werken met een verschilfrequentie van 4 kper/sec — geheel uitgesloten zou zijn; bij $p+16$ is de demping echter zoo groot, dat men in dit opzicht geheel veilig is.

In *fig. 10* is een foto van de beschreven signaalontvanger weergegeven, terwijl in *fig. 11* een rek is afgebeeld met signaalontvangers en toebehooren voor een draaggolfinstallatie voor 17 kanalen.

Vervorming der signalen

Wij hebben gezien, dat de draaggolfsignalen o.a. het zendbandfilter en het ontvangbandfilter moeten doorloopen. Deze filters onderdrukken de zijbandfrequenties die in hun dempingsgebied vallen, en veroorzaken ook een relatieve verzwakking van die frequenties, die in het overgangsgebied tusschen dempings- en doorlaatgebied vallen, nl. de draaggolf zelf en de 30 laagste harmonischen van de kiesimpulsen. Dit heeft een zekere (geringe) vervorming van de kiesimpulsen tengevolge, zooals in de oscillogrammen van *fig. 12* is te zien. Het eerste oscillogram geeft de kiesimpulsen, zooals deze met gelijkstroom worden gegeven (punt *1* in fig. 6). Het tweede oscillogram geeft de spanning vóór het zendbandfilter; gedurende de tijd, dat de aankomende lijn geen stroom voert, wordt de draaggolf uitgezonden (overgang van de continue naar de impulssignaleering). Deze draaggolfimpulsen zijn practisch rechthoekig. Het derde beeld toont de impulsen achter het zendbandfilter, versterkt in de zendversterker. Er heeft eenige afronding plaatsgevonden. Bij het ingangssignaal van de signaalontvanger, oscillogram no. 4, is door de invloed van het ontvangbandfilter de afronding nog wat sterker geworden.

De belangrijkste vervorming ontstaat echter bij de volgende stap: het uitzeven van de frequentie 8 kper/sec door het scherpe filter in de signaalontvanger. Hier worden, daar het er om gaat de spraakfrequenties uit te schakelen, de hoogere harmonischen van de kiesimpulsen verzwakt. Bij 300 per/sec, d.i. de 30ste harmonische, is de demping van dit filter, zooals vermeld, 30 db; maar ook bijv. de 5de harmonische wordt reeds 6 db verzwakt. De hierdoor veroorzaakte sterke afronding der impulsen is in het vijfde oscillogram van fig. 12 te zien.

Waar het bij de kiesimpulsen in feite op aankomt, is het aanhouden van hun juiste lengte. Een nadere beschouwing van de werking van de signaalontvanger (fig. 8) laat zien, inhoeverre hier tengevolge van de afronding der impulsen fouten kunnen ontstaan. Na het doorloopen van het filter worden de signalen versterkt en aan een buis (B_2) toegevoerd, die als anodedetector werkt. De I_a-V_g-karakteristiek van de buis (plaatgelijkstroom als functie van de roosterwisselspanningsamplitude) is in *fig. 13* geteekend. De vaste negatieve voorspanning $-V_0$ van het rooster is zoo groot gekozen, dat eerst bij enkele volt signaalspanning plaatstroom begint te loopen. Deze drempelspanning, beneden welke de ontvanger in het

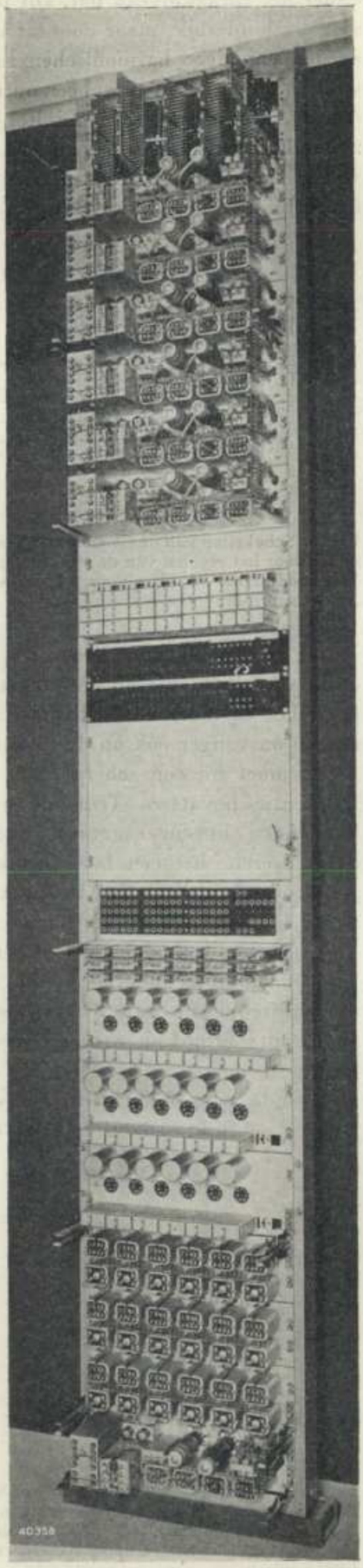

Fig. 11. Rek met signaalontvangers en -relais van een draaggolfinstallatie voor 17 kanalen (11 van de 18 ontvangers zijn op de achterkant gemonteerd; één ontvanger dient als reserve).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

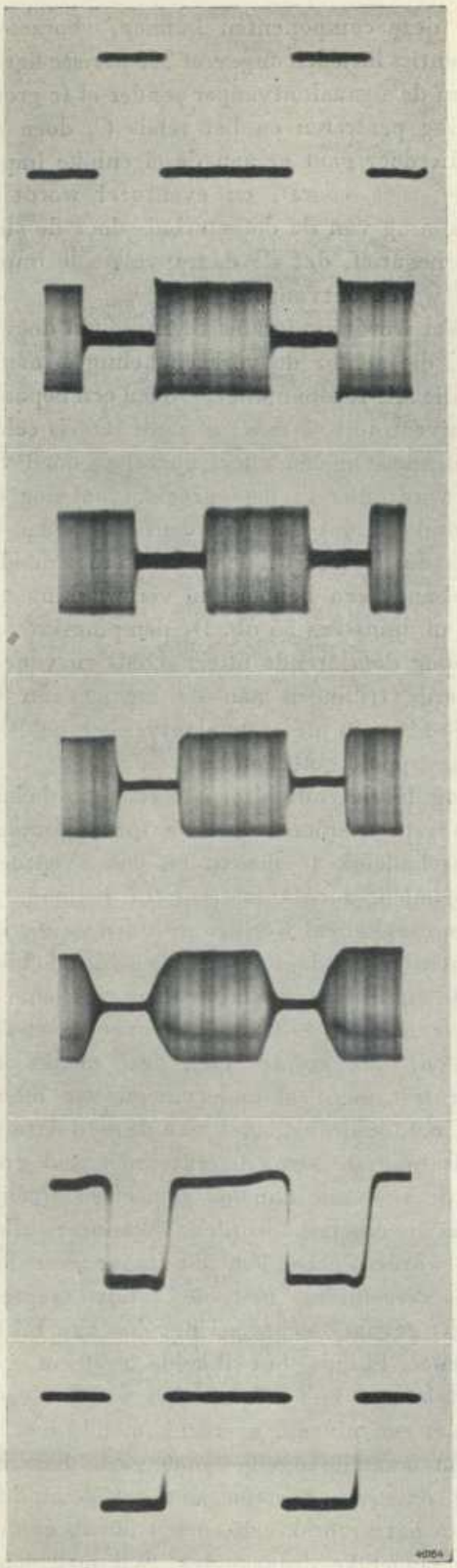

Fig. 12. Oscillogrammen van de kiesimpulsen, opgenomen op de met *1-7* aangeduide punten van het schema fig. 6.

geheel niet werkt, geeft een extra beveiliging tegen kleine storingen, zooals bijv. de draaggolflek van de modulator aan de zendzijde [6]). Bij een voldoend sterk signaal gaat

[6]) Zie hiervoor het in noot [4]) aangehaalde artikel.

er plaatstroom vloeien; het relais C_2 zal opkomen resp. weer afvallen, zoodra de plaatgelijkstroom een waarde van 3 mA heeft bereikt. De doorgegeven impuls wordt dus in ieder geval weer rechthoekig, maar hoe staat het met zijn lengte? In fig. 13 is het verloop van de roosterwisselspanningsamplitude geteekend, wanneer de afgeronde kiesimpulsen volgens oscillogram no. 5 op het rooster komen, en wel zijn kiesimpulsen van drie verschillende sterkten ondersteld. De lengte van de oorspronkelijke impuls is in alle drie gevallen AB. Bij het zwakke signaal *1* zal het relais in C opkomen en in D afvallen; de impuls, die het relais C_2 doorgeeft, is dus aanzienlijk korter (lengte CD) dan de oorspronkelijke impuls. Bij het sterkere signaal *2* is het relais op van E tot F, dit is even lang als de tijd AB. Bij het zeer sterke signaal *3* is het relais op van G tot H, nu wordt de doorgegeven impuls dus langer dan de gezonden.

Heeft men altijd met eenzelfde ontvangen signaalsterkte te maken, dan zal men, bijv. door geschikte keuze van de voorspanning V_0, ervoor kunnen zorgen, dat de doorgegeven impulsen de juiste lengte hebben. In werkelijkheid zal men echter met signalen van verschillende sterkte moeten rekenen. De oorzaak hiervan schuilt voor een groot deel in de temperatuurafhankelijkheid van de demping van het zend- en het ontvangbandfilter. Temperatuurveranderingen doen de waarden van de capaciteiten en zelfinducties in de filters eenigszins varieeren, waardoor de geheele dempingskarakteristiek een weinig in frequentie verschuift. Daar nu de draaggolf juist in het gebied valt, waar de dempingskromme vrij steil oploopt, heeft een geringe verschuiving van de dempingskromme al gauw een belangrijke verandering van de demping voor de draaggolf tengevolge.

Door een eenvoudige kunstgreep is het mogelijk deze door de sterktevariaties veroorzaakte vervorming tennaastebij op te heffen. Men zorgt, dat het zwakste voorkomende signaal het verloop heeft van kromme *2*, waarbij nog juist geen roosterstroomen ontstaan. Bij grootere signalen, bijv. volgens kromme *3*, gaat er roosterstroom vloeien. Door nu in het roostercircuit, zooals in fig. 8 is te zien, een roostercondensator C en een lekweerstand R van geschikte waarde op te nemen, bereikt men, dat de roosterstroom de negatieve voorspanning met een zoodanig bedrag vergroot (V_0' in fig. 13), dat het opkomen en afvallen van het relais C_2 plaats vindt in punten I en K (in plaats van G en H), welke bij het signaal volgens kromme *3* juist de gewenschte tijdsafstand hebben. Bij andere signaalsterkte zal de correctie niet geheel exact zijn, maar toch wordt in het geheele practisch belangrijke variatiegebied der signaalsterkte een goede benadering verkregen.

In het zesde oscillogram van fig. 12 is het verloop van de plaatstroom van de detectorbuis weergegeven, in het zevende oscillogram de impulsen, die het contact van het relais C_2 veroorzaakt. Men ziet, dat hier — afgezien van de omkeering, die in de relaisgroep weer wordt opgeheven — een getrouwe afbeelding van de oorspronkelijke impulsen is verkregen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Naast de hier besproken vervorming door de diverse filters is er nog een ander soort vervorming, die speciale maatregelen noodig maakt. Wij gaan

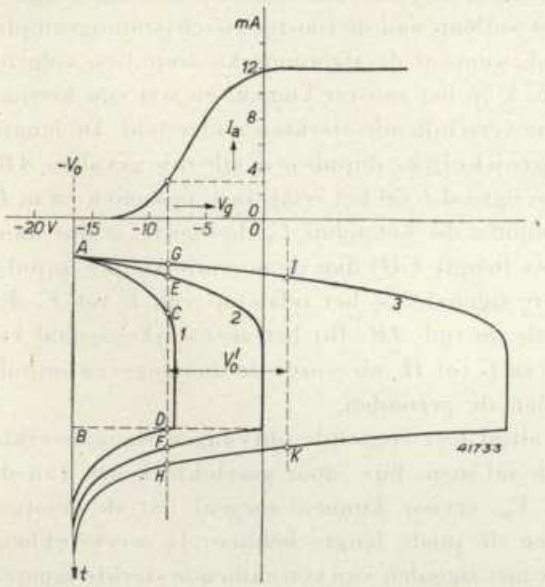

Fig. 13. I_a-V_g-diagram van de detectorbuis in de signaalontvanger. *1*, *2*, *3* tijdsverloop van de roosterwisselspanningsamplitude bij drie verschillende sterkten van de aankomende kiesimpulsen.

hiervoor terug naar het schema fig. 6. Het relais C_1, dat de draaggolf op de lijn zet, wordt via de relaisgroep *Re* bestuurd door de gelijkstroomimpulsen, die bij *a* aankomen. De gelijkstroom wordt door de transformatoren, die zich in de vorkschakeling *V* bevinden, niet doorgelaten naar de modulator. De gelijkstroomimpulsen zijn echter behalve uit de gelijkstroom nog opgebouwd uit een reeks van wisselstroomcomponenten, die wèl worden doorgelaten en die in de modulator, evenals de normale spraakfrequenties, op de draaggolf worden gemoduleerd. Dit gebeurt practisch zonder eenige vertraging, gerekend van punt *a* tot de uitgang van de modulator. De relais echter, die de eigenlijke signalen uitzenden, werken met een zekere traagheid. Het relais in de relaisgroep *Re* heeft bijv. 0,01 sec noodig om te reageeren, het relais C_1, waarvoor een bijzonder snel werkend relais van speciale constructie is gekozen [7]), nog 0,002 sec. Op de signaalontvanger komen dus 0,012 sec vóór het eigenlijke signaal de wisselstroomcomponenten van de gelijkstroomimpulsen; deze componenten kunnen, voorzoover hun frequenties beneden ongeveer 300 per/sec liggen, het filter in de signaalontvanger zonder al te groote verzwakking passeeren en het relais C_2 doen opkomen. Hierdoor gaat er aan de eigenlijke impuls een korte stoot vooraf, en eventueel wordt de roosterspanning van de detectorbuis door de stoot zoo sterk negatief, dat de daaropvolgende impuls niet goed wordt ontvangen.

Het effect wordt eenigszins tegengegaan door de begrenzer, die achter de vorkschakeling is aangesloten en die alle topspanningen boven een bepaalde waarde (niveau bijv. 6 mW) afsnijdt. Dit is echter niet voldoende. Om het effect geheel te doen verdwijnen, wordt hier in het spraakkanaal nog een filter geschakeld, dat voor frequenties beneden 300 per/sec (d.i. dus b e n e d e n de voor de spraak noodige frequentieband) een behoorlijke verzwakking veroorzaakt, nl. minstens 35 db. De dempingskromme van dit hoog doorlatende filter, zooals zij voor de gemoduleerde trillingen aan de ingang van het 8 kper/sec-filter in de signaalontvanger geldt, is in fig. 9 gestippeld geteekend.

Het hoog doorlatende filter is tevens van belang, om de laagste frequenties in de spraakstroomen geheel onschadelijk te maken en ook eventueele andere signalen, zooals kiestoon of beltoon, die over het spraakkanaal worden gestuurd en die ook componenten in het lage frequentiegebied hebben, niet op de signaalontvanger te doen werken.

Tenslotte nog een enkel woord over de sterkte der signalen. Hoe grooter men deze maakt, des te minder last men zal ondervinden van allerlei storingen, o.a. de draaggolflek van de modulatoren. Anderzijds mag de signaalsterkte niet zoo groot zijn, dat de voor alle kanalen gemeenschappelijke versterkers overbelast worden. Wanneer alleen impulsen worden gezonden, die maar zeer kort duren in vergelijking met de totale gesprksduur, is dit gevaar slechts gering. Zoo kan bij het eertijds door Philips ontwikkelde systeem voor draaggolftelefonie met 17 kanalen worden gesignaleerd met een niveau, overeenkomende met 1,5 mW, gemeten aan de ingang van de vorkschakeling. Dit komt ongeveer overeen met het gemiddelde niveau van het gesprek zelf en ligt 30 db of meer boven de mogelijke draaggolflek. Wil men echter niet met impulsen maar continu signaleeren, dan zal men óf de signaalsterkte belangrijk kleiner moeten kiezen óf de versterkers ruimer moeten dimensionneeren. Het zal van de omstandigheden afhangen, of de boven vermelde voordeelen van het continu signaleeren tegen deze nadeelen opwegen.

[7]) Dit is ook met het oog op de vervorming gedaan. Op zichzelf is een opkomtijd en afvaltijd van bijv. 0,01 sec geen bezwaar, daar dit slechts een geringe vertraging van alle impulsen beteekent. Zijn de opkomtijd en de afvaltijd van het relais C_1 echter niet precies even groot, dan worden de impulsen te lang of te kort. De onvermijdelijke verschillen tusschen de twee tijden zullen absoluut genomen des te kleiner zijn, hoe korter beide gemaakt worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

DE „INFRAPHIL", EEN APPARAAT VOOR THERAPIE MET INFRAROODE STRALEN

door Th. J. J. A. MANDERS.

615.831.7:621.384

De therapeutische werking van infraroode stralen is voornamelijk toe te schrijven aan temperatuursverhooging van het bestraalde weefsel. Het is van belang, dat de straling zoo diep mogelijk in het lichaam doordringt. Daarom wordt nagegaan, hoe de spectrale verdeeling van de opvallende straling moet zijn, opdat, bij het gegeven reflectie- en absorptievermogen van de huid, zoo goed mogelijk aan deze eisch wordt voldaan. Vervolgens wordt een straler beschreven, waarvan de spectrale verdeeling van de uitgezonden straling op bevredigende wijze met de meest geschikte verdeeling overeenstemt.

Reeds verscheidene jaren interesseert men zich in de geneeskunde voor de therapeutische werking van infraroode stralen. Aanvankelijk was omtrent de wijze, waarop de stralen werkzaam zijn, weinig bekend en werden zeer uiteenloopende stralingsbronnen toegepast. Eenerzijds gebruikte men neonbuizen, welke het grootste gedeelte hunner straling in het langgolvige deel van het zichtbare gebied uitstralen, anderzijds werden electrische kachels toegepast, waarvan de straling in hoofdzaak ver in het infrarood plaats vindt. Het onderzoek der laatste jaren heeft echter geleerd, dat de geneeskrachtige werking der straling grootendeels verklaard moet worden uit het verwarmende effect van de straling op het weefsel. Hieruit volgt, dat de golflengte van de straling in eerste instantie niet ter zake doet; immers het verwarmende effect wordt geheel bepaald door de hoeveelheid geabsorbeerde stralingsenergie. Toch is de spectrale verdeeling van de gebruikte straling geenszins onverschillig. Uit de genoemde onderzoekingen is nl. tevens gebleken, dat de gunstigste werking verkregen wordt, als de straling zoo diep mogelijk in de weefsels doordringt. Men moet derhalve met een straling werken, die zoo weinig mogelijk door de huid wordt geabsorbeerd.

Verder spreekt het welhaast vanzelf, dat het van groot belang is, dat de gebezigde straling zoo weinig mogelijk door de huid gereflecteerd wordt. Dit komt zonder meer aan het rendement van de bestraling ten goede. Door deze eischen is de spectrale verdeeling der te bezigen straling toch goeddeels vastgelegd.

In dit artikel zullen wij het „Infraphil"-bestralingsapparaat beschrijven. Dit apparaat is zoo eenvoudig geconstrueerd, dat het op medisch voorschrift door leeken gebezigd kan worden, bijv. voor het verminderen van rheumatische pijnen, bij de behandeling van ontstekingen enz. Tegelijkertijd is er echter voor gezorgd, dat door een geschikte constructie van de straler een hoog percentage van de uitgestraalde energie in warmte in de dieper gelegen deelen van het weefsel wordt omgezet.

De eigenschappen van de huid

In het voorgaande is uiteengezet, dat de eigenschappen van de huid de spectrale verdeeling van de straling vrijwel geheel bepalen. Deze eigenschappen zullen daarom iets nader bezien worden.

Reflectie

Door verschillende onderzoekers, o.a. Schultze, Bode, Hardy en Muschenheim en Büttner, werd het reflectievermogen van de huid bepaald. Het blijkt, dat het reflectievermogen voor infraroode stralen, in tegenstelling tot dat voor zichtbaar licht, weinig afhankelijk is van de sterkte van de huidpigmenteering. De reflectie is maximaal tusschen 0,6 en 0,7 μ en neemt naar het infrarood sterk af. In *fig. 1* is het verloop van het reflectievermogen weergegeven, zooals dat door de genoemde onderzoekers voor een matig gepigmenteerde huid is gevonden.

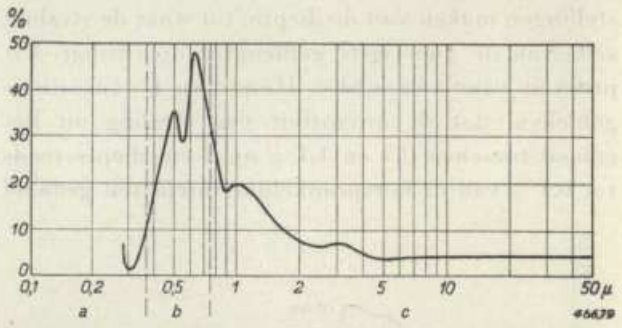

Fig. 1. Reflectievermogen van de huid in afhankelijkheid van de golflengte in μ.
a ultraviolet gebied, *b* zichtbaar gebied, *c* infrarood gebied.

Doorlatingsvermogen

Zooals wij gezien hebben, worden de roode en vooral de infraroode stralen maar betrekkelijk weinig gereflecteerd. Het grootste deel dezer straling dringt derhalve in de huid door. Hoe diep deze doordringing zal plaats vinden, hangt af van het verstrooiend en het absorbeerend vermogen van de huid.

Omtrent het verstrooiend vermogen van de huid

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

is weinig bekend. Plotnikow heeft gevonden, dat het afhankelijk is van de golflengte van de straling en voorts van de dikte der verschillende huidlagen. De hierna genoemde onderzoekers hebben getracht er bij de absorptiebepalingen rekening mee te houden.

De absorptie van de huid bij verschillende golflengten is door verschillende onderzoekers, o.a. Hardy en Muschenheim en Henschke, gemeten. Hun resultaten zijn in *fig. 2* weergegeven. Hieruit blijkt, dat vooral bij een tamelijk dikke huid, practisch alleen het golflengtegebied van 0,6 tot 1,4 μ in aanmerking komt. Het maximale doorlatingsvermogen ligt bij ca 1,2 μ. Het verloop van de doorlatingskromme is op bevredigende wijze te verklaren uit de overeenkomstige krommen voor de stoffen, die in hoofdzaak voor de absorptie in de huid verantwoordelijk zijn, nl. water en oxyhaemoglobine. In het bijzonder wordt het verloop boven 1,2 μ in hoofdzaak door het water bepaald, terwijl de scherpe grens bij 0,5 μ aan de werking van het oxyhaemoglobine moet worden toegeschreven.

Voorts is door Bachem geconstateerd, dat het gebied met de grootste doorlating voor de dieper gelegen gedeelten van de huid naar de zijde der lange golven verschoven is. Ook dit verschijnsel is aan het oxyhaemoglobine toe te schrijven. De dieper gelegen gedeelten van de huid (i.c. de lederhuid) zijn bloedrijker dan de opperhuid en bevatten derhalve relatief meer oxyhaemoglobine.

Men moet zich overigens geen overdreven voorstellingen maken van de diepte, tot waar de straling zelfs van de gunstigste golflengten doordringt. Uit proeven van Henschke, Heald en Hofmann is gebleken, dat de intensiteit van straling uit het gebied tusschen 0,7 en 1,1 μ op 2 cm diepte reeds tot 0,1% van de oorspronkelijke intensiteit gedaald

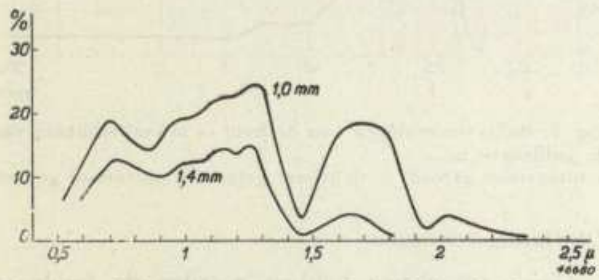

Fig. 2. Doorlatingsvermogen van de huid in afhankelijkheid van de golflengte in μ, voor een laagdikte van 1,0 resp. 1,4 mm.

is. Dit wordt bevestigd door metingen van de temperatuurverdeeling in de huid door Henschke. De resultaten van zijn proeven, die met straling van 0,6 μ-1,3 μ werden uitgevoerd, zijn in *fig. 3* weergegeven. Daaruit blijkt, dat aan de huidoppervlakte aanzienlijke temperatuursverhoogingen kunnen optreden, terwijl toch op diepten grooter dan 1 cm practisch geen stijging van de temperatuur te constateeren is.

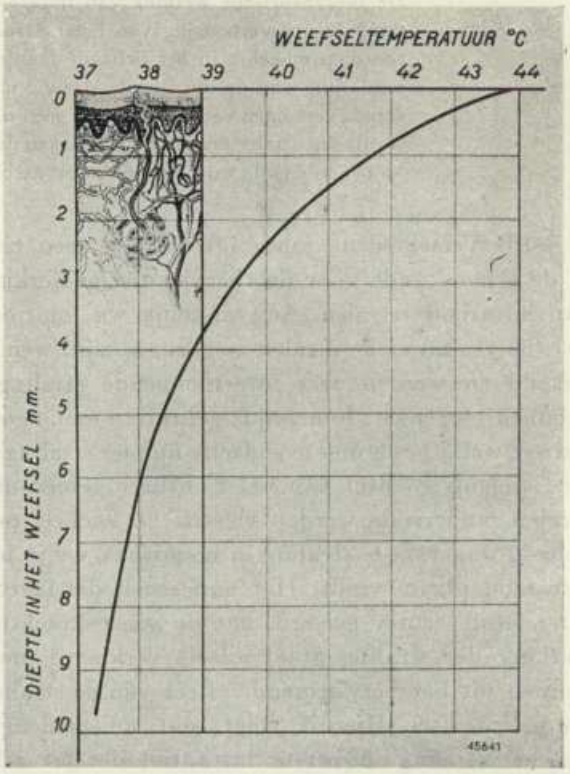

Fig. 3. Temperatuur van het weefsel op verschillende diepten in de huid, wanneer de huidoppervlakte door bestraling (in het gebied tusschen 0,6 en 1,3 μ) op 44 °C wordt gehouden.

Uit het voorafgaande kan worden afgeleid, dat een straling in het golflengtegebied van 0,6 μ-1,4 μ het meest geschikt voor de bestraling is. Straling in het gebied buiten dit interval moet echter zooveel mogelijk onderdrukt worden. Deze straling wordt in hoofdzaak in de bovenste huidlagen geabsorbeerd, verwarmt deze derhalve sterk en beperkt daardoor de energie, die per cm² op de huid kan worden gestraald. Deze maximale energie per oppervlakte-eenheid, de zg. belastbaarheid, wordt nl. bepaald door de pijngrens. Is de intensiteit van de straling te sterk, dan ondervindt men eerst een sterke verwarming, daarna een prikkeling, die tenslotte in een ondragelijke pijn overgaat. Bij iedere straling is er dus een grens gesteld aan de stralingsintensiteit, die gedurende lange tijd verdragen kan worden. Deze grens hangt natuurlijk af van de spectrale samenstelling van de gebezigde straling. Voor de dimensionneering van het hierna te bespreken bestralingsapparaat is het van belang, dat, zooals door Henschke gevonden is, de genoemde grens voor verschillende personen weinig

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

uiteenloopt (ca 5%). Van Wijk[1]) heeft de belastbaarheid bepaald voor temperatuurstralers van verschillende temperatuur, opgesteld in glazen ballons (wanddikte ca 1 mm). Zijn resultaten zijn in *fig. 4* opgenomen. Het blijkt, dat de belastbaarheid met toenemende temperatuur van het gloeilichaam aanzienlijk toeneemt.

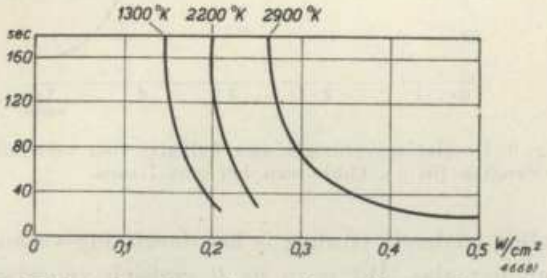

Fig. 4. Tijd, gedurende welke een bestraling verdragen kan worden, in afhankelijkheid van de bestralingsintensiteit, voor verschillende temperaturen van het gloeilichaam van de straler. De tijd is gemeten in sec, de bestralingsintensiteit in W/cm² en de temperatuur van het gloeilichaam in graden K.

Physische eigenschappen van het apparaat

Uit het voorafgaande is gebleken, dat aan een apparaat voor bestraling met infraroode stralen de eisch gesteld moet worden, dat een zoo groot mogelijk gedeelte der straling in het golflengtegebied 0,6 μ-1,4 μ valt. Wanneer men zich tot temperatuurstralers beperkt, dan zal dus de top van de stralingskromme in dit interval moeten liggen en aangezien de stralingskrommen een veel sterkere afneming naar de zijde der korte golven vertoonen dan naar de andere zijde, zal de top vrij dicht bij 0,6 μ moeten gelegen zijn. Met behulp van de verschuivingswet van Wien kan men hieruit reeds afleiden, dat de temperatuur van de straler zeer hoog moet zijn. Drukken we de golflengte λ uit in μ en de temperatuur T in graden K, dan luidt de wet van Wien:

$$\lambda_{max} \cdot T = 2880.$$

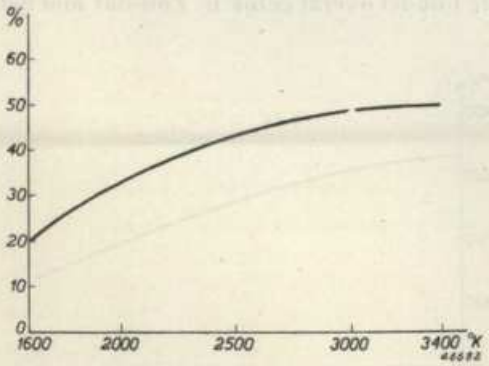

Fig. 5. Aandeel van het gebied van 0,6 μ-1,4 μ in de totale straling van een wolfraamspiraal, bij verschillende temperaturen, uitgedrukt in graden K.

[1]) Philips techn. T. **6**, 202, 1941.

Voor $\lambda_{max} = 1$ μ volgt hieruit $T = 2880$ °K. In *fig. 5* is voor verschillende temperaturen aangegeven welke gedeelte voor de energie van een wolfraamspiraal in het aangegeven gebied wordt uitgestraald. Hieruit blijkt, in goede overeenstemming met het bovenstaande, dat het aandeel van het gebied van 0,6 μ tot 1,4 μ tot ongeveer 3400 °K toeneemt.

Bij de „Infraphil" wordt in feite gewerkt met een wolfraamspiraal, die in bedrijf 150 W opneemt en daarbij een temperatuur van 2800 °K bereikt. Hoewel dit ongeveer dezelfde temperatuur is, die ook in een normale gloeilamp van het zelfde vermogen wordt bereikt, kan men niet veel hooger gaan, omdat dan de verdampingssnelheid van het wolfraam zoo groot wordt, dat de levensduur van de straler onpractisch klein wordt. Bij de genoemde temperatuur wordt niet het maximale rendement in het gebied 0,6 μ-1,4 μ verkregen. Aangezien echter, zooals uit de figuren 1 en 2 blijkt, de kortgolvige straling in dat gebied door de huid sterker wordt geabsorbeerd en vooral ook gereflecteerd, wordt uiteindelijk toch een zeer gunstig resultaat verkregen.

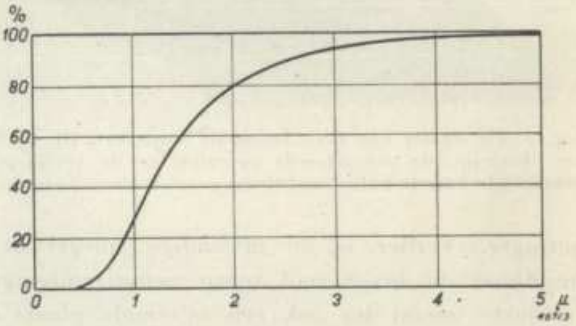

Fig. 6. Spectrale verdeeling van de straling van een wolfraamspiraal bij 2800 °K, in geaccumuleerde vorm weergegeven.

In *fig. 6* is de spectrale verdeeling van de straling van een wolfraamspiraal met een temperatuur van 2800 °K weergegeven. Het diagram is in geaccumuleerde vorm gegeven, zoodat men er dadelijk uit kan aflezen, welk gedeelte van de straling in het gebied van 0 tot een bepaalde golflengte wordt uitgestraald (en door aftrekking dus ook het gedeelte in een gebied tusschen twee willekeurige golflengten; bij een niet-geaccumuleerde verdeelingskromme moet men deze percentages bijv. door planimetreeren bepalen).

Daar wolfraam vooral bij hoogere temperatuur gemakkelijk oxydeert, moet het gloeilichaam in een glazen ballon worden ingesmolten. Deze ballon heeft aan de hulszijde de vorm van een paraboloïde en is daar inwendig verspiegeld, waardoor de energie

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

wordt gebundeld. De grootste diameter van de ballon is 125 mm (zie *fig. 7*).

De inwendig aangebrachte aluminiumspiegel biedt vele voordeelen boven een uitwendig aangebrachte reflector. In de eerste plaats behoeft de straling nu slechts eenmaal door de wand van de ballon te gaan, terwijl bij een uitwendige reflector althans het centrale deel van de bundel driemaal de ballon moet passeeren. De absorptie is dus

Fig. 7. De straler van het „Infraphil"-apparaat. Op de foto zijn duidelijk de gematteerde voorzijde en de verspiegelde achterzijde van de ballon zichtbaar.

geringer. Verder is de inwendige spiegel beter houdbaar en beschermd tegen verontreinigingen; tenslotte neemt hij ook een minimale plaats in.

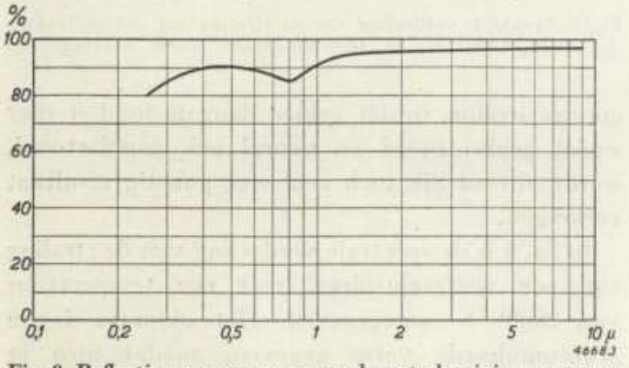

Fig. 8. Reflectievermogen van opgedampt aluminium voor verschillende golflengten (in μ).

De spiegel wordt door het opdampen van aluminium op het inwendige van de ballon aangebracht. In *fig. 8* is het reflectievermogen van opgedampt aluminium als functie van de golflengte weergegeven. In het geheele relevante gebied blijkt aluminium goed te reflecteeren, zoodat de spiegel practisch geen wijzigingen in de spectrale samenstelling van de uitgezonden straling tengevolge heeft.

Een tweede factor, die van invloed is op de uit de

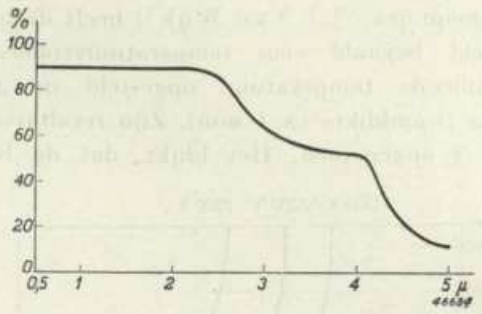

Fig. 9. Doorlatingsvermogen van kalkglas voor verschillende golflengten (in μ). Dikte van het glas 1 mm.

ballon tredende straling is het doorlatingsvermogen van het glas. Dit is in *fig. 9* grafisch voorgesteld. De doorlating is in het gebied, dat van belang is, zeer goed. Pas bij 2,5 μ begint een duidelijke absorptie op te treden. Dit is echter juist een voordeel, want hierdoor wordt een deel van de ongewenschte straling met een golflengte grooter dan 1,4 μ verwijderd.

Op grond van het voorafgaande behoeft het niet te verwonderen, dat de spectrale verdeeling van de straling, die uit de ballon treedt, in het van belang zijnde gebied, weinig afwijkt van de straling van de gloeidraad, die in fig. 6 is weergegeven. Ondanks het bovengenoemde absorptie-effect heeft dan ook een niet verwaarloosbaar gedeelte van de uittredende straling een golflengte, grooter dan 1,4 μ. Door toepassing van een waterfilter (zie het reeds eerder geciteerde artikel van van Wijk) zou deze straling practisch afgesneden kunnen worden. Hierdoor zou het mogelijk zijn om de belastbaarheid van 0,27 W/cm² (zie fig. 4) tot ca 0,45 W/cm² te verhoogen. Voor een apparaat, dat in hoofdzaak voor het gebruik door leeken bedoeld is, zou dit echter te gecompliceerd en daardoor ook te duur worden.

De ballon is aan de voorzijde licht gematteerd om te maken, dat de intensiteit in het centrale deel van de bundel overal gelijk is. Zou dat niet het geval

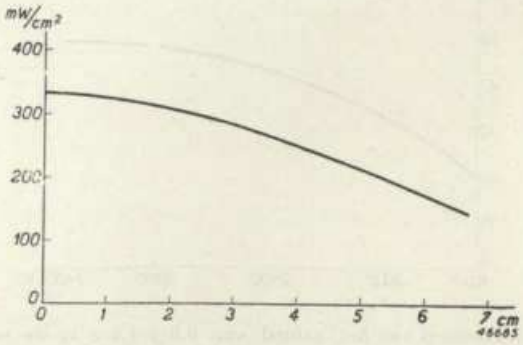

Fig. 10. Bestralingssterkte als functie van de afstand tot het hart van de bundel, gemeten in een plat vlak loodrecht op de as, op 25 cm afstand van de voorkant van de straler.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

zijn, dan zouden er op het bestraalde huidgedeelte plaatselijk bestralingspieken optreden. Dit heeft een nadeelig effect, omdat de totale te verdragen straling tenslotte bepaald wordt door de belastbaarheid van het sterkst bestraalde huidgebied.

In *fig. 10* is tenslotte de bestralingsintensiteit in een vlak loodrecht op de as van de straler op verschillende afstanden van de as weergegeven.

De uitvoering van het apparaat

In *fig. 11* is het complete „Infraphil"-apparaat afgebeeld. Het bestaat uit een, in een beugel opgehangen, metalen huis, waarin de reeds besproken straler is bevestigd.

Fig. 11. Het complete „Infraphil"-apparaat. De beugel waarin de straler opgehangen is, kan ten opzichte van het voetstuk verschoven en gedraaid worden. Daardoor kan de straler in elke gewenschte stand geplaatst worden.

De beugel kan door een sleufvormig klemstuk verschoven worden. Hierdoor is de bundel in het vlak van de beugel verstelbaar. Het klemstuk kan bovendien om de as van het voetstuk worden gedraaid, zoodat de bundel, wanneer het apparaat aan de muur wordt opgehangen — voor dit doel is een ophangoog onder in de voet aangebracht — ook in alle gewenschte richtingen kan worden gesteld. Voor het gebruik door den medicus wordt het apparaat met een statief geleverd, waarbij ruimere instelmogelijkheden aanwezig zijn (*fig. 12*). De straler met beugel wordt dan, in plaats van op het voetstuk, op een buis bevestigd. Deze buis

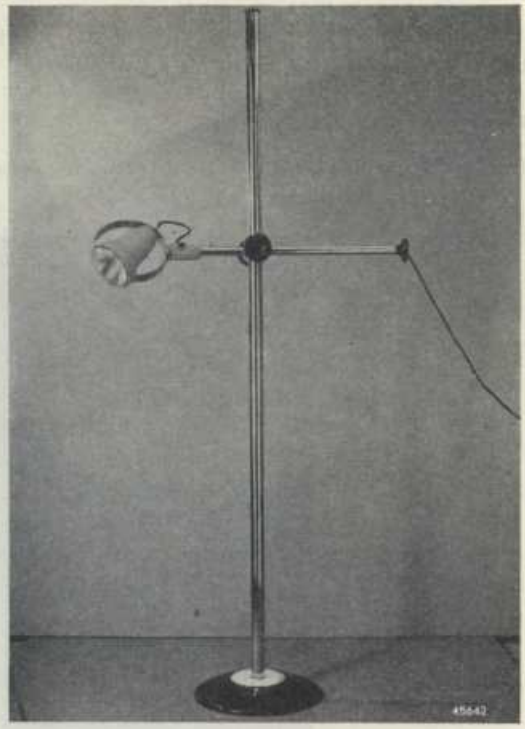

Fig. 12. Het „Infraphil"-apparaat met statief.

loopt door een klemstuk, waarin ze gedraaid en in horizontale richting verschoven kan worden. Het klemstuk zelf kan bovendien langs een verticale buis worden verschoven en er om worden gedraaid. Tusschen beugel en buis is een schakelaar gemonteerd.

In bepaalde gevallen is het gewenscht om zeer plaatselijk te kunnen bestralen. Voor dit doel zijn een aantal localisatoren ontworpen (*fig. 13*), die met behulp van een ring op eenvoudige wijze aan

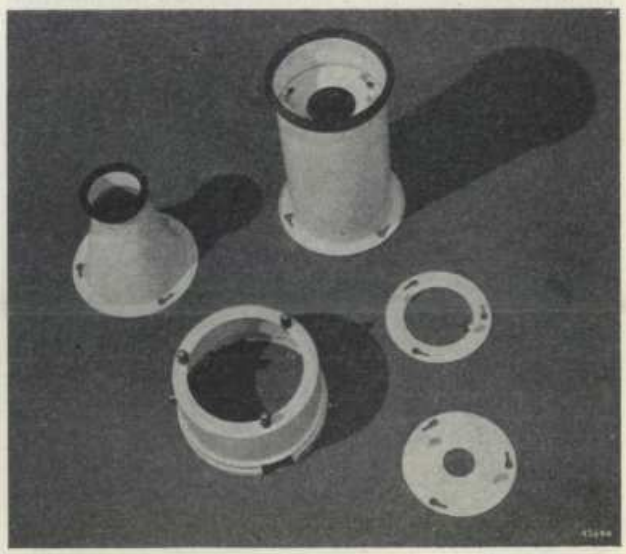

Fig. 13. Verschillende vormen van localisatoren, die ontworpen zijn voor zeer plaatselijke bestraling. Links op de voorgrond is de ring zichtbaar waarmede de localisatoren aan het huis bevestigd worden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het apparaat bevestigd kunnen worden. Het apparaat met een localisator is in *fig. 14* afgebeeld.

De toepassing van het apparaat

Men mag aannemen, dat infraroode stralen, gedurende de gebruikelijke korte bestralingstijd, geen nadeelige gevolgen hebben, indien zij het oog treffen. Ook is de zichtbare straling zoo intens, dat men onwillekeurig de oogen sluit, indien zij zich in de bundel bevinden. Toch is het wenschelijk de oogen in het laatstgenoemde geval zooveel mogelijk af te schermen. Men moet daarbij voorzichtig zijn met brillen, omdat deze zooveel warmte kunnen absorbeeren, dat op het aanrakingsvlak van montuur en huid verbranding kan optreden. Ook licht brandbare voorwerpen, zooals haarkammen enz. moeten buiten het stralingsveld gehouden worden.

In het algemeen moet men er voor zorgen, dat de bestralingsintensiteit zoo groot mogelijk is. De afstand tot de huid moet dus zoo klein mogelijk zijn, echter niet zoo klein, dat pijn wordt veroorzaakt. De warmte moet als aangenaam worden ondervonden. Hieruit volgt, dat men met de bestraling voorzichtig moet zijn op plaatsen, die om een of andere reden gevoelloos zijn. Hier waarschuwt het pijngevoel niet als de intensiteit te groot wordt en zouden er dus verbrandingen kunnen optreden.

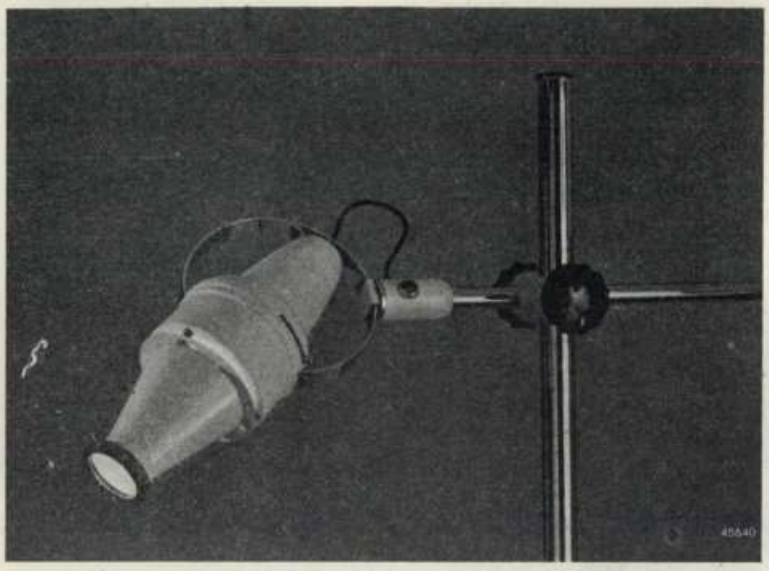

Fig. 14. Het „Infraphil"-apparaat met statief, voorzien van een localisator.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

BESTRIJDING VAN DE VERSTROOIDE STRALING IN HET MEDISCHE RÖNTGENBEELD

door W. J. OOSTERKAMP. 778.33:535.361.2

De verstrooide röntgenstraling, die bij het diagnostische röntgenonderzoek in het menschelijk lichaam ontstaat, levert een egale bijbelichting van de röntgenfilm (of het doorlichtingsscherm) en veroorzaakt daardoor een aanzienlijke achteruitgang der contrasten. Er is daarom een reeks methoden ontwikkeld om het ontstaan van de strooistralen of hun inwerking op de film tegen te gaan. Als maatstaf voor de beoordeeling van de waarde van elke methode dient de „selectiviteit", d.i. de verhouding van de verzwakkingsfactor voor de strooistralen tot die voor de primaire, het gewenschte röntgenschaduwbeeld veroorzakende, straling. Na een overzicht van de gebruikelijke methoden ter bestrijding van de strooistralen wordt in dit artikel één der belangrijkste er van, het zg. Potter-Bucky-diafragma, aan een nadere beschouwing onderworpen. Verschillende vormen van dergelijke diafragma's worden, wat hun selectiviteit en andere eigenschappen betreft, vergeleken, en er worden richtlijnen voor de meest doelmatige constructie er van afgeleid. Bij de meeste methoden ter bestrijding van de strooistralen moet het een of andere nadeel op de koop toe worden genomen, zooals een verteekening, een vergrooting van de onscherpte, enz. De arts zal derhalve zelf moeten uitmaken, welke methode of combinatie van methoden voor een bepaald onderzoek het meest geschikt is.

Inleiding

Het bekende schaduwbeeld van inwendige organen en skeletdeelen, dat men bij het maken van een röntgenfoto (of bij het doorlichten) van het menschelijk lichaam verkrijgt, heeft zijn ontstaan te danken aan de verschillende mate van verzwakking, die de röntgenstralen in de verschillende lichaamsdeelen ondergaan. Aan deze van plaats tot plaats verschillende intensiteiten van de primaire, rechtlijnig van het focus der röntgenbuis zich uitbreidende straling, beantwoorden bepaalde contrasten, die in de zwarting op de röntgenfilm kunnen worden vastgelegd.

In werkelijkheid zijn de contrasten echter altijd kleiner, dan men op grond van het bovenstaande zou moeten verwachten. Oorzaak hiervan zijn de verstrooide röntgenstralen (strooistralen). De verzwakking der primaire röntgenstralen in materie vindt nl. ten deele plaats door absorptie en ten deele door verstrooiing, dwz. een verandering van de straalrichting (gepaard met een zeker energieverlies, dat echter bij de buisspanningen, die men in de diagnostiek gebruikt, slechts gering is). Doordat de verstrooide stralen, die uitgaan van elk door de primaire straling getroffen deeltje van het lichaam, betrekkelijk willekeurige richtingen bezitten, veroorzaken zij een min of meer diffuse belichting van de film, die aanleiding geeft tot een sluiering. Hierdoor worden de contrasten verminderd.

Dat dit effect juist bij röntgenopnamen van het menschelijk lichaam een belangrijke rol speelt, blijkt uit het volgende. De verzwakking der röntgenstralen is bij elementen met een hoog atoomnummer voornamelijk aan absorptie te wijten. Zoo bijv. in de beenderen, die voor een groot deel uit kalk (met het betrekkelijk zware element calcium) bestaan. De overige menschelijke weefsels echter zijn juist practisch geheel uit elementen met een laag atoomnummer samengesteld (waterstof, koolstof, stikstof, zuurstof), en hierin is bij de gebruikelijke buisspanningen de verzwakking door verstrooiing van dezelfde orde van grootte als die door absorptie.

Daar het bij de diagnostiek in vele gevallen op het onderkennen van zeer geringe contrasten in het röntgenbeeld aankomt, heeft men diverse methoden ontwikkeld om de strooistralen op te heffen of op te vangen. Deze methoden zullen in dit artikel worden beschreven en, voorzoover dit mogelijk is, kwantitatief worden beschouwd. Hoe frappant soms de verbetering van het contrast door het bestrijden van de strooistralen kan zijn, moge worden gedemonstreerd door *fig. 1*, waarin twee röntgenfoto's van de bekkenstreek zijn weergegeven. De eerste is zonder speciale maatregelen ter uitschakeling van strooistralen genomen, bij de tweede is door een zg. Potter-Bucky-diafragma een groot deel der strooistralen onderschept.

We beginnen met een wat nauwkeuriger beschouwing van de invloed der strooistralen op de vorming van het röntgenbeeld.

Invloed der strooistralen op het röntgenbeeld

Het stralingscontrast

We onderstellen eenvoudigheidshalve, dat het doorstraalde object een homogene samenstelling heeft met uitzondering van een klein gedeelte *M*, waarin de verzwakking van de primaire stralen

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

iets grooter is dan in het overige gedeelte (zie *fig. 2*). Dit gedeelte M teekent zich dan op het negatief af als een vlek M', die iets lichter is dan de omgeving. M' wordt echter, behalve door de directe stralen, ook getroffen door strooistralen, welke uitgaan van alle bestraalde punten van het object. De intensiteit van deze strooistralen is practisch op de geheele film even groot.

Welke invloed heeft dit nu op het contrast? Om exact te zijn, moeten we hier verschil maken tusschen het stralingscontrast, d.i. het relatieve verschil in stralingsintensiteit, en het hierdoor veroorzaakte fotografische contrast, d.i. het relatieve verschil in zwarting van de film. Wat het eerste betreft, onderstellen we, dat in het genoemde voorbeeld de primaire straling op de geheele film de intensiteit I_p en alleen op het vlekje M' de intensiteit $I_p - \Delta I_p$ heeft. Het stralingscontrast K_p tusschen M' en de rest van de film, dat men zou verkrijgen, als er geen strooistralen aanwezig waren, bedraagt dan

$$K_p = \frac{I_p - (I_p - \Delta I_p)}{I_p} = \frac{\Delta I_p}{I_p}.$$

In werkelijkheid is er op de geheele film een strooistraling aanwezig, waarvan we de intensiteit I_s noemen. Hierdoor is de totale intensiteit in M': $I_p - \Delta I_p + I_s$, en op de rest van de film: $I_p + I_s$. Het stralingscontrast wordt dus onder de invloed van de strooistralen gewijzigd tot

$$K_s = \frac{(I_p + I_s) - (I_p - \Delta I_p + I_s)}{I_p + I_s} = \frac{\Delta I_p}{I_p + I_s}.$$

We zien dus, dat het stralingscontrast door de strooistraling verminderd is, en wel is het achteruit gegaan in de verhouding

$$\frac{K_p}{K_s} = \frac{I_p + I_s}{I_p}.$$

Ter orienteering diene, dat bij een overzichtsfoto van de long de intensiteit der strooistraling ongeveer gelijk is aan die der primaire straling, terwijl bij foto's van de buikorganen I_s wel 3 of 4 maal I_p kan zijn en soms zelfs nog meer. Bij longfoto's wordt dus $K_p/K_s = 2$, dwz. het stralingscontrast wordt door de strooistralen gehalveerd, bij buikfoto's wordt $K_p/K_s = 4$ of 5, het contrast wordt dus teruggebracht tot 1/4 of 1/5 van de waarde die men zonder strooistralen zou verkrijgen.

a *b*

Fig. 1. Röntgenfoto van de bekkenstreek, *a*) opgenomen zonder maatregelen ter bestrijding van de strooistralen, *b*) opgenomen met een diafragma ter vermindering van de strooistralen (Potter-Bucky-diafragma).

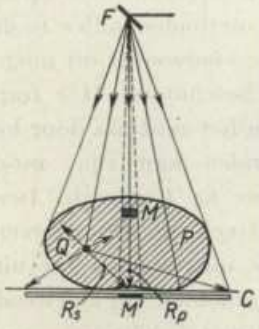

Fig. 2. In het lichaam P bevinde zich een inhomogeniteit M. Deze veroorzaakt een iets sterkere verzwakking van de primaire röntgenstralen R_p, die van het focus F uitgaan, en werpt hierdoor een schaduw M' op de film C. De film wordt echter ter plaatse van M' ook getroffen door strooistralen R_s, die in ieder punt Q van het lichaam P ontstaan.

Het fotografische contrast

Werkt de totale straling $I_p + I_s$ op de fotografische film, dan zou men zich de zaak zoo kunnen voorstellen, dat de film eerst gedurende de voorgenomen belichtingstijd alléén met de directe, het beeld vormende straling I_p wordt belicht, en dan gedurende eenzelfde tijd nogeens, zonder den patient, met een I_s/I_p maal zoo sterke egale straling wordt nà-belicht. De desastreuze werking van zoo'n egale nabelichting ligt voor de hand.

Een nadere beschouwing laat echter zien, dat de zaak in werkelijkheid gecompliceerder is. Het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

contrast op de film zal door de strooistralen alleen dàn in dezelfde mate als het stralingscontrast worden verminderd, wanneer men — zoowel mèt als zonder strooistralen — op het lineaire gedeelte van de zwartingskromme van de film werkt. Aan deze voorwaarde zal zeker niet worden voldaan, wanneer men door een of ander hulpmiddel de strooistraling geheel zou elimineeren en dan een foto met dezelfde belichtingstijd zou maken, als eerst bij aanwezigheid der strooistraling werd toegepast. Immers, de belichtingstijd wordt, vooral bij bewegende objecten (hart, longen enz.) met het oog op de bewegingsonscherpte, zoo kort gekozen als nog valt te vereenigen met de eisch van een voldoende zwarting, en als men dan mèt strooistralen voldoende zwarting kreeg, zal men zeker zonder strooistralen een te kleine zwarting krijgen. Daar dit beteekent, dat men in een minder gunstig gedeelte van de zwartingskromme werkt en hierdoor een kleiner fotografisch contrast bij gegeven stralingscontrast verkrijgt, komt men tot de conclusie, dat bij een gewone röntgenfoto de egaal verdeelde strooistraling wel het stralingscontrast bederft, maar dit effect weer ten deele goed maakt in het fotografisch contrast, doordat zij alle stralingshoeveelheden naar een gunstiger gebied der zwartingskromme verschuift.

Dit behoeft ons echter niet er van te weerhouden, de strooistralen te elimineeren, want om in het gunstigste gedeelte der zwartingskromme te komen, staan andere methoden ter beschikking, waaraan aanzienlijk minder nadeelen kleven. Deze methoden komen in hoofdzaak neer op een vergrooting van de primaire stralingshoeveelheid zèlf, dusdanig, dat weer de oorspronkelijke zwarting wordt verkregen.

Vergrooting van de primaire stralingshoeveelheid

Men kan de hoeveelheid primaire straling het eenvoudigst opvoeren door de belichtingstijd te verlengen. Heft men de strooistraling I_s geheel op en blijft de intensiteit I_p der primaire straling hierbij onveranderd, dan is de totale straling verminderd met een factor $I_p/(I_p + I_s)$. Voor het verkrijgen van eenzelfde zwarting moet derhalve de belichtingstijd worden verlengd met de factor [1]) $B = (I_p + I_s)/I_p$. Bij een buikfoto zou men dus tot een vier à vijf maal zoo lange belichtingstijd moeten overgaan.

In werkelijkheid wordt bij vrijwel alle methoden ter eliminatie van de strooistralen eenerzijds ook I_p verzwakt, anderzijds I_s niet geheel tot nul gereduceerd. Noemen we de intensiteiten, waartoe primaire en strooistraling worden teruggebracht, I_p' resp. I_s', dan wordt de vereischte verlengingsfactor

$$B = \frac{I_p' + I_s'}{I_p + I_s}.$$

Bij het gebruik van de zg. Potter-Bucky-diafragma's ter bestrijding van de strooistralen, waarop we straks uitvoerig komen te spreken, pleegt men B de „Bucky-factor" te noemen.

We stipten reeds aan, dat verlengen van de belichtingstijd bij bewegende objecten de bewegingsonscherpte vergroot. Men kan de oorspronkelijke belichtingstijd ook aanhouden en daarvoor in de plaats 1) de intensiteit der primaire straling opvoeren door het focusoppervlak van de röntgenbuis te vergrooten, of 2) de versterkingsfolies, die men aan vóór- en achterzijde tegen de röntgenfilm legt en die de röntgenstraling in een voor de zwarting gunstiger vorm van straling omzetten, gevoeliger maken. De eerste maatregel vergroot de geometrische onscherpte (breedte van de halfschaduw, veroorzaakt door de eindige focusbreedte), de tweede brengt een grootere folie-onscherpte mee, daar gevoeliger folies ook grover zijn [2]). Iets van de scherpte moet men dus in elk geval prijsgeven. Wat men het beste kan doen, wordt bepaald door de zg. gelijkmatigheidsvoorwaarde: de drie componenten der onscherpte (bewegings-, geometrische en folie-onscherpte) dienen ten naaste bij even groot te zijn.

Er is nog een andere mogelijkheid om het intensiteitsverlies bij het wegnemen van de strooistraling te compenseeren, nl. door verhoogen van de spanning op de röntgenbuis, waardoor men een intensievere, maar vooral ook hardere straling verkrijgt. Deze wordt minder in den patient verzwakt, er komt daardoor veel meer straling op de film. Weliswaar krijgt men door deze kleinere verzwakking van de primaire stralen een geringer stralingscontrast. Meestal echter weegt de door het verwijderen der strooistraling verkregen winst in contrast voor de totale straling hier ruimschoots tegen op.

Overzicht van de methoden ter bestrijding van de strooistraling

Wanneer we nu de verschillende methoden ter bestrijding van de strooistralen willen bespreken

[1]) Wanneer we eenvoudigheidshalve onderstellen, dat de zwarting geheel bepaald is door de stralingshoeveelheid. De werkelijkheid wijkt hier iets van af (Schwarzschild-effect).

[2]) Voor een uiteenzetting hierover zie bijv.: Philips techn. T. 5, 266, 1940. Van de buisstroom, die mede de röntgenintensiteit bepaalt, is in alle gevallen ondersteld, dat hiervoor de hoogste, in verband met de focustemperatuur toelaatbare, waarde is gekozen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

en met elkaar vergelijken, moeten we over een maat beschikken om de waarde van een methode kwantitatief te kunnen uitdrukken. De verzwakkingsfactor voor de strooistralen, die we S willen noemen ($S = I_s'/I_s$), is als een zoodanige maat niet geschikt. Immers, als S wel klein is, maar tevens ook de primaire straling sterk wordt verzwakt (verzwakkingsfactor $P = I_p'/I_p$), heeft de methode weinig of geen waarde. Veeleer is het vereischt, dat de strooistralen in aanzienlijk sterkere mate worden verzwakt dan de primaire straling, of met andere woorden, dat de methode selectief verzwakkend op de strooistralen werkt. De waarde van een methode kan men dus beoordeelen naar de verhouding $P/S = \Sigma$, de zoogenaamde selectiviteit, welk begrip werd ingevoerd door de Waard [3]). Hoe grooter Σ, hoe beter het doel wordt benaderd. Tevens geldt echter de voorwaarde, dat P zelf niet zeer veel kleiner zijn mag dan 1, daar een groot verlies aan directe straling een verdere verlenging van de belichtingstijd noodig maakt (naast de reeds besproken verlenging, welke noodzakelijk is tengevolge van het elimineeren der strooistraling).

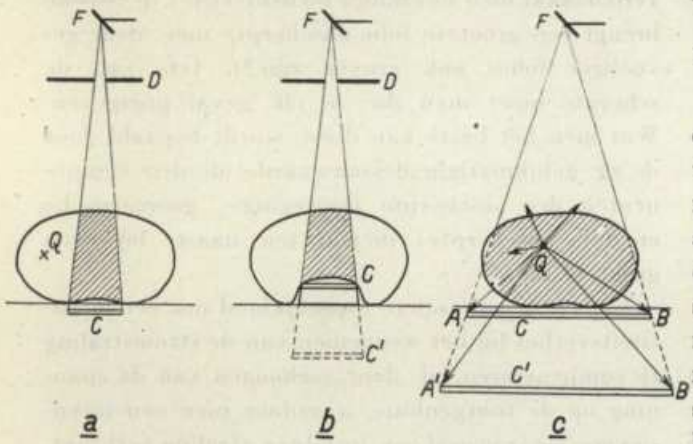

Fig. 3. Drie eenvoudige methoden ter beperking van de strooistralen.
a) Verkleinen van het veld door middel van een diafragma D. Er zijn vele punten Q in het lichaam, die nu niet meer tot de strooistraling bijdragen.
b) Zooveel mogelijk zijdelings wegdrukken van lichaamsweefsel door comprimeeren. De methode kan het beste gecombineerd worden met die van *c*).
c) Vergrooten van de afstand tusschen patient en film. In de stand C van de film wordt deze door alle binnen de ruimtehoek AQB van Q uitgaande strooistraling getroffen; in de stand C' slechts door de strooistraling binnen de ruimtehoek $A'QB'$.

Behalve de selectiviteit zijn er nog factoren, die niet zoo gemakkelijk in getallen zijn uit te drukken en die eveneens van belang zijn, als men de bruikbaarheid van een methode ter beperking van de strooistralen wil beoordeelen. Zij zullen bij de hierna volgende behandeling der verschillende methoden vanzelf ter sprake komen.

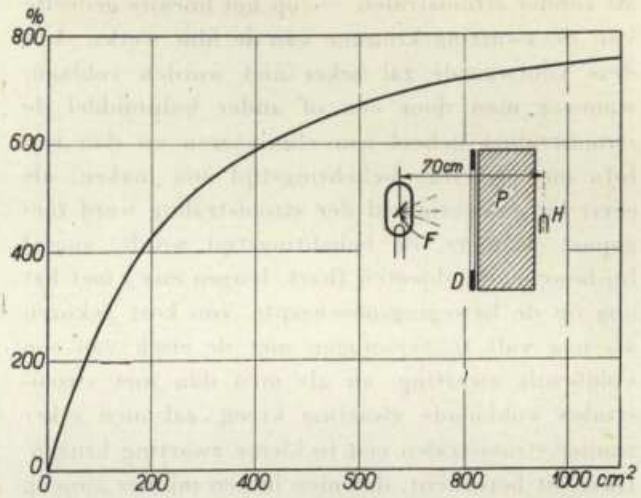

Fig. 4. Invloed van de grootte van het veld op de strooistraling. Door een fantoom P, bestaande uit „Philite" met een totale dikte van 16 cm en tusschenlagen van lucht van in totaal 5 cm dikte, werd de situatie bij het maagonderzoek nagebootst, terwijl met een Hammer-dosismeter H de sterkte der strooistraling werd bepaald voor verschillende openingen van het vierkante diafragma D, bij 100 kV buisspanning (gelijkspanning met een rimpel van 30 kV) en 30 mA buisstroom. Uitgezet is de strooistraling in % van de directe straling als functie van het oppervlak van het diafragma in cm².

1) *Beperking van de grootte van het veld*

De hoeveelheid strooistraling neemt toe, naarmate een grootere weefselmassa door de primaire bundel wordt getroffen, daar immers elk deeltje van deze massa zijn bijdrage hiertoe levert. Een soms zeer aanzienlijke vermindering van de strooistraling kan derhalve worden verkregen, door de primaire stralenbundel niet wijder, dwz. het bestraalde veld niet grooter te kiezen, dan voor het onderzoek beslist noodig is (*fig. 3a*). In *fig. 4* is weergegeven, hoe de strooistraling van de grootte van het veld afhangt bij een maagonderzoek (voor de experimenten nagebootst door de doorstraling van een zg. fantoom van „Philite"). Het verkleinen van het veld is niet van invloed op de intensiteit van de primaire straling, dus $P = 1$. De selectiviteit Σ is dus in dit geval gelijk aan $1/S$, de reciproke verzwakkingsfactor voor de strooistralen. Gaan we uit van een veld van 35 × 35 cm (waarbij $\Sigma = 1$ wordt gesteld), dan geeft *fig. 5* de selectiviteit van de veldverkleining aan.

2) *Comprimeeren*

De weefselmassa, die de primaire stralen moeten doorloopen, kan soms verder worden verkleind door plaatselijk comprimeeren van het lichaam van den patient, waardoor een gedeelte van het weefsel naar opzij wordt weggedrukt (fig. 3*b*). Vooral bij

[3]) R. H. de Waard, Fortschr. Röntgenstr. **49**, 415, 1934 en **50**, 606, 1934.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

het onderzoek van de buik is deze methode van belang. Zij helpt natuurlijk alleen, als men volgens methode (1) het veld tot het gecomprimeerde gedeelte heeft beperkt, en inzooverre werkelijk weefseldeelen uit het bestraalde veld worden

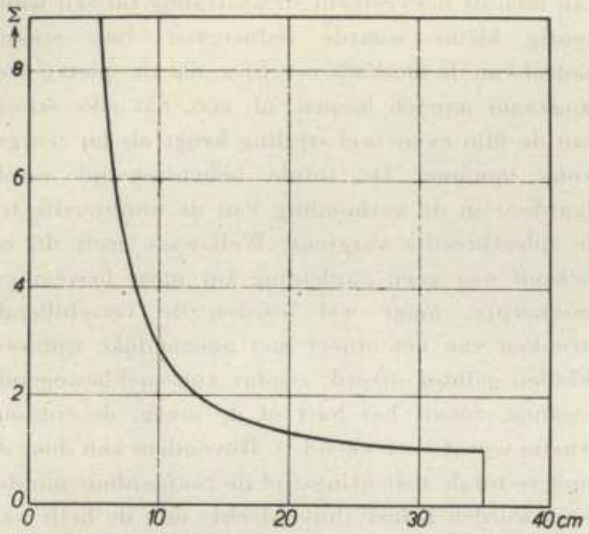

Fig. 5. De selectiviteit Σ (verhouding tusschen de verzwakkingsfactor voor de directe straling en die voor de strooistraling) van de methode der veldverkleining. Er is uitgegaan van een veld met een lineaire afmeting van 35 cm, in de opstelling, bij fig. 4 aangegeven.

weggeperst; het wegpersen van lucht uit met lucht gevulde organen sorteert geen effect, daar niet het doorstraalde volume maar de doorstraalde massa de hoeveelheid strooistraling bepaalt. Het nut van de methode komt eerst goed tot zijn recht, als zij gecombineerd wordt met de volgende methode:

3) *Vergrooten van de afstand tusschen film en object*

Plaatst men de film niet direct achter het object doch op eenige afstand, dan wordt hij aan de inwerking van een gedeelte der strooistraling onttrokken, zooals blijkt uit fig. 3c [4]). Staat de film in C, dan komt alle binnen de ruimtehoek tusschen QA en QB van het punt Q uitgaande strooistraling op de film; met de film in C' is deze ruimtehoek, nu tusschen QA' en QB', veel kleiner. De selectiviteit van deze methode is des te beter, naarmate men met een kleiner veld werkt. Dit blijkt uit *fig. 6*, waar de selectiviteit, gemeten in proeven met hetzelfde fantoom als gebruikt voor de metingen van fig. 4, is uitgezet als functie van de afstand tusschen film en object, voor een groot en voor een klein veld.

Een groot bezwaar van deze methode is, dat een snelle toeneming van de geometrische onscherpte optreedt, als men de afstand tusschen film en object vergroot. Is de patient bijv. 20 cm dik, dan is bij een afstand van 10 cm tusschen patient en film de geometrische onscherpte u_g van een punt midden in den patient tweemaal zoo groot als bij direct contact tusschen film en patient. Daar de beide andere, in het voorafgaande genoemde onscherpte-componenten dezelfde blijven, indien we de verlenging van de belichtingstijd, noodig wegens het verminderen van de totale stralingsintensiteit, even buiten beschouwing laten, is de toeneming van de totale onscherpte minder groot; zij bedraagt bij dit voorbeeld ca 30%. In *fig.* 7 is de geometrische en de totale onscherpte als functie van de afstand tusschen film en object uitgezet, voor een normaal maagonderzoek, met een focusbreedte 2,0 mm (getrokken krommen). Tevens zijn hier gestippeld geteekend de analoge krommen voor de kleinere focusbreedte 1,2 mm en de hierbij noodzakelijke langere belichtingstijd; men ziet, dat deze krommen bij groote afstanden tusschen film en object gunstiger worden, omdat de geometrische onscherpte, die dan de grootste bijdrage tot de totale onscherpte levert, minder groot is.

Men kan dus besluiten, dat de besproken methode alleen maar geschikt is, indien men een röntgenbuis met een klein (maar toch hoog belastbaar) focus gebruikt.

4) *Filters*

Een zekere verzwakking van de strooistraling kan worden verkregen door tusschen patient en film een vlak folie te leggen van het een of andere, sterk absorbeerende metaal, bijv. koper of tin.

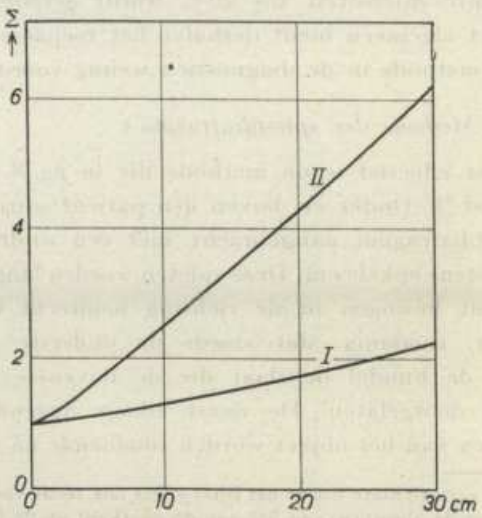

Fig. 6. De selectiviteit Σ van het vergrooten van de afstand tusschen patient en film. De metingen zijn verricht met dezelfde opstelling als die van fig. 4. Langs de abscis is uitgezet de afstand van het fantoom tot de dosismeter. Kromme *I* geldt voor een veld van 30 × 30 cm², kromme *II* voor 8 × 8 cm², aan de buiszijde van het fantoom.

[4]) H. Laurell, Acta Radiologica **12**, 574, 1931.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De strooistralen gaan voor het meerendeel schuin door dit folie heen en leggen daarin dus een langere weg af dan de primaire straling. Bovendien is de strooistraling iets zachter, doch dit heeft bij de normale, in de diagnostiek gebruikte buisspannin-

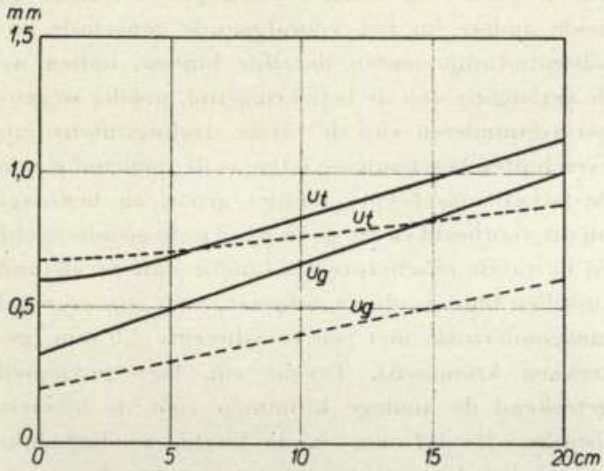

Fig. 7. De geometrische onscherpte u_g en de totale onscherpte u_t als functie van de afstand tusschen patient en film in cm, voor een punt halverwege een 20 cm dikken patient. Ondersteld is een folie-onscherpte van 0,4 mm, en een bewegingsonscherpte van 0,3 mm voor de getrokken resp. 0,5 mm voor de gestippelde krommen. De getrokken krommen gelden voor een focus van 2,0 mm breedte, de gestippelde voor 1,2 mm. (Dat de gestippelde kromme u_t de analoge getrokken kromme kruist, komt doordat links in het diagram bij de getrokken krommen ongeveer aan de gelijkmatigheidsvoorwaarde is voldaan en rechts niet, terwijl het bij de gestippelde krommen juist andersom is.)

gen niet veel te beteekenen. Om eenig effect te sorteeren moet het filter relatief dik worden gemaakt, waardoor de primaire straling ook sterk wordt verzwakt. Voor een selectiviteit van bijv. slechts 2 moet het filter al zoo dik zijn, dat de primaire intensiteit tot 20% wordt gereduceerd. In het algemeen biedt derhalve het toepassen van deze methode in de diagnostiek weinig voordeel [5]).

5) *Methode der spleetdiafragma's*

Zeer effectief is de methode die in *fig. 8* is geschetst [6]). Onder en boven den patient wordt een spleetdiafragma aangebracht met een wijdte van hoogstens enkele cm. Deze spleten worden langs den patient bewogen in de richting loodrecht op de spleet, zoodanig, dat steeds de onderste spleet juist de bundel doorlaat die de bovenste spleet heeft doorgelaten. De naast elkaar liggende gedeelten van het object worden zoodoende nà elkaar belicht en het effect is hetzelfde als in het geval, dat men na elkaar een aantal foto's zou maken met een zeer smal veld, volgens het principe van fig. 3*a*.

Door de spleten maar smal genoeg te maken, kan men de hoeveelheid strooistraling tot een willekeurig kleine waarde reduceeren. Een ernstig nadeel van de methode is echter, dat de spleten zeer langzaam moeten loopen, nl. zóó, dat elke strook van de film even veel straling krijgt als bij een gewone opname. De totale belichtingstijd wordt daardoor in de verhouding van de filmbreedte tot de spleetbreedte vergroot. Weliswaar geeft dit op zichzelf nog geen aanleiding tot meer bewegingsonscherpte, maar wel worden de verschillende strooken van het object met aanzienlijke tijdsverschillen gefotografeerd, zoodat van snel bewegende organen, zooals het hart of de maag, de contour ernstig wordt verteekend [7]). Bovendien kan door de langere totale belichtingstijd de röntgenbuis minder hoog worden belast (bijv. slechts met de helft van het vermogen voor zeer korte tijden), zoodat de belichtingstijd voor elke strook langer moet zijn dan bij een normale opname, hetgeen dus toch nog tot een toeneming van de onscherpte leidt.

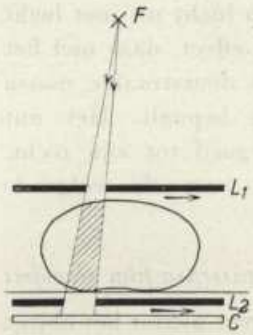

Fig. 8. Methode der spleetdiafragma's. De twee spleten in de schermen L_1 en L_2 worden zoodanig langs het object bewogen, dat achtereenvolgens alle deelen er van op de film C worden afgebeeld. Dank zij de sterke beperking van het veld ontvangt elk stuk van de film slechts weinig strooistralen.

6) *Het Potter-Bucky-diafragma*

Een der belangrijkste hulpmiddelen ter bestrijding van de strooistralen is het Potter-Bucky-diafragma. In zijn eenvoudigste vorm bestaat dit uit een aantal dunne loodstrippen, staande op hun lange smalle kant en zoodanig tusschen patient en film geplaatst, dat elke strip van het focus uit zoo smal mogelijk wordt gezien; zie *fig. 9*. De strooistralen worden bij deze opstelling, voorzoover zij niet zeer kleine hoeken met de richting der primaire stralen maken, door de looden lamellen opgevangen en sterk verzwakt. De primaire stralen daarentegen worden dank zij de „focus-

[5]) In geringe mate wordt het filter-effect ook reeds verkregen door de absorptie van het aan de vóórkant op de film gelegde versterkingsfolie (zie hierboven). — Bij het technisch materiaalonderzoek, waar meestal veel hoogere spanningen worden toegepast dan in de medische diagnostiek, komt de filtermethode beter tot haar recht en wordt zij dan ook veelvuldig toegepast.

[6]) H. Chantraine, Röntgenpraxis **11**, 37, 1939.

[7]) Dit verschijnsel is geheel analoog met het bekende verteekeningseffect, dat men kan verkrijgen bij het fotografeeren van snel bewegende objecten, zooals race-auto's, met een camera met spleetsluiter.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

seering" der lamellen geheel vrij doorgelaten, behalve daar waar zij de smalle vóórkant der lamellen treffen, en behoudens een geringe verzwakking door het materiaal tusschen de lamellen. Om deze nl. op afstand en goed gericht te houden, zijn zij geplaatst in een voor röntgenstralen goed doorlaatbare vulmassa, zooals hout, een organische kunststof of in sommige gevallen een licht metaal.

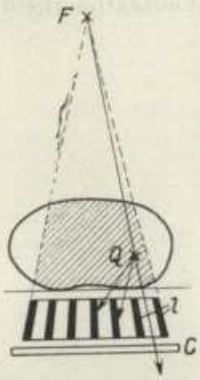

Fig. 9. Schematische voorstelling van een Potter-Bucky-diafragma. De op hun lange smalle kant staande loodlamellen *l*, die geplaatst zijn in een weinig stralen absorbeerende vulstof, wijzen allen naar het focus *F*, zoodat de hiervan uitgaande stralen op hun weg naar de film *C* een zoo groot mogelijk open vlak tusschen de lamellen zien. De van een willekeurig punt *Q* uitgaande strooistralen daarentegen worden in de meeste richtingen door één of meer der lamellen tegengehouden.

In *fig. 10* is door een viertal foto's van een speciaal object, met en zonder Potter-Bucky-diafragma, de waarde van dit hulpmiddel geïllustreerd.

Met het oog op het practische belang en de wellicht niet oninteressante bijzonderheden van de techniek van deze methode, zullen we thans nog wat nader op het Potter-Bucky-diafragma ingaan.

Nadere behandeling van het Potter-Bucky-diafragma

Beweging en focusseering der lamellen

Om te vermijden, dat de loodlamellen storende schaduwstrepen in de röntgenfoto geven, laat men het diafragma tijdens de belichting bewegen in de richting loodrecht op de lamellen. De afstand, waarover het diafragma moet bewegen om de schaduwen der lamellen dusdanig te vervagen, dat zij onzichtbaar zijn, is kleiner, naarmate het diafragma fijner is. Bij het doorlichten zou een permanente snelle beweging van het diafragma noodig zijn om geen schaduwstrepen in het beeld te zien. Daar echter het doorlichtscherm zelf een aanzienlijke vervaging van het beeld veroorzaakt, kunnen diafragma's met voldoend fijne lamellen (de zg. fijnrasterdiafragma's met een lamellenafstand van 0,5 mm of nog minder) voor doorlichting stilstaande worden gebruikt, zonder dat de strepen storend werken.

Opgemerkt dient te worden, dat ook bij een bewegend diafragma nog strepen in de röntgenfoto kunnen optreden, nl. indien een röntgenapparaat met pulseerende hoogspanning wordt gebruikt en indien de frequentie van de pulsaties der hoogspanning en de frequentie, waarmee een punt van de film wordt afgedekt tengevolge van het met regelmatige intervallen passeeren van een loodlamel, ongeveer tot elkaar staan als geheele getallen.

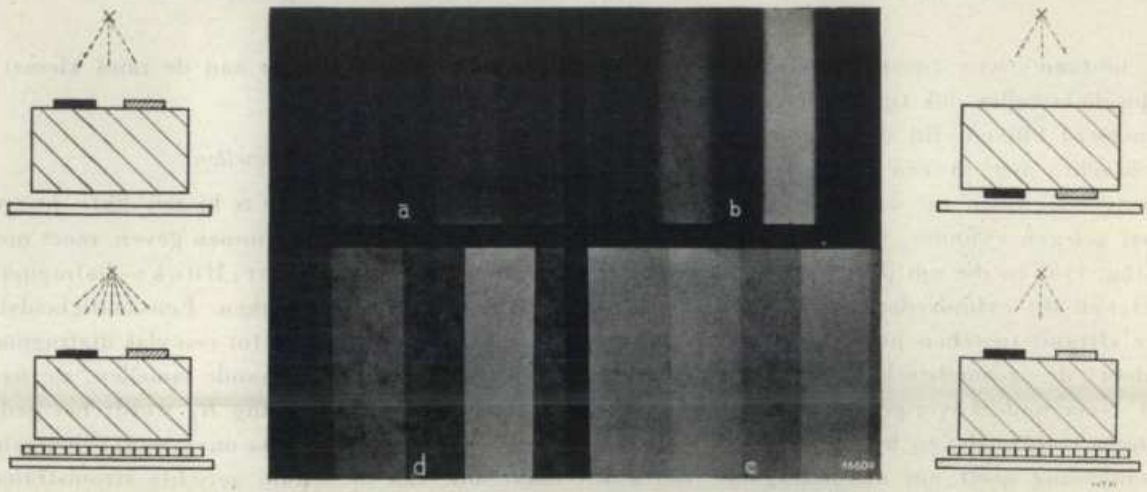

Fig. 10. Röntgenopnamen van een lood- en een aluminiumstrip, aangebracht op een blok paraffine. *a*) De strippen lagen op het blok aan de zijde van de röntgenbuis; het schaduwbeeld is door de strooistraling geheel bedorven. *b*) De strippen lagen tusschen het blok en de film; de schaduwen van de strippen komen nu goed uit, daar de strooistralen, die in de paraffine ontstaan, als het ware meehelpen om deze schaduwen te ontwerpen. De structuur van het paraffineblok zelf echter blijft door de strooistraling vrijwel onzichtbaar. *c*) Zelfde opname als (*a*), maar nu met een bewegend Potter-Bucky-diafragma, bij gelijke belichtingstijd. De twee strippen komen goed uit, doch het beeld is onderbelicht. *d*) Zelfde opname als (*c*), met driemaal zoo lange belichtingstijd. Nu komt dank zij de beperking van de strooistraling ook de structuur van de paraffine, gekenmerkt door talrijke luchtbellen, te voorschijn.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Door geschikte keuze van de snelheid der beweging kan dit „stroboscopisch" effect worden vermeden.

Heeft men een vlak rooster van lamellen, dan zal men dit in zijn eigen vlak, loodrecht op de richting der lamellen, laten bewegen. Hierbij is het diafragma alleen in de middelste stand nauwkeurig „gefocusseerd", zie *fig. 11a*. Bedraagt de beweging slechts enkele cm naar rechts en naar links, dan is de afwijking van de focusseering in de beide uiterste standen nog niet ernstig.

Een voordeel echter is, dat het diafragma geschikt is voor elke afstand van het focus. Het cylinderdiafragma is uiteraard slechts op één afstand berekend, en hetzelfde geldt voor het eenvoudige vlakke diafragma met evenwijdige lamellen (ook al in stilstaande toestand). Deze afstand is gewoonlijk 70 à 100 cm. Bij het vlakke diafragma, waar bij het bewegen toch een geringe defocusseering optreedt, zijn kleine afwijkingen van deze afstand wel toelaatbaar, alleen is dan de doorlaatbaarheid

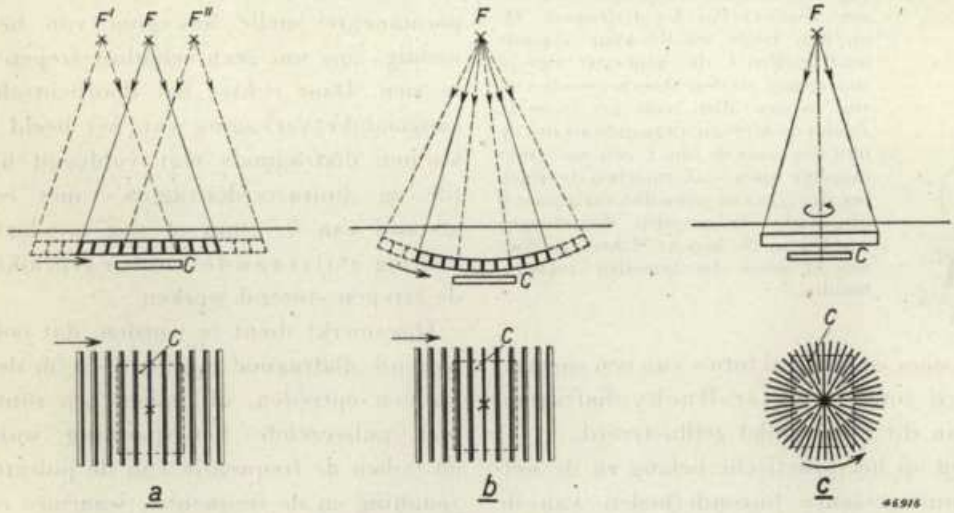

Fig. 11. Drie vormen van bewegende Potter-Bucky-diafragma's. *a*) Lamellen op één vlak gemonteerd, met beweging van het geheel in dit vlak. In de naar rechts of links verschoven stand zijn de lamellen gericht op een punt F' resp. F'' in plaats van het focus F; de primaire, van F uitgaande straling, wordt daardoor meer verzwakt dan in de middelste stand. *b*) Lamellen gemonteerd op een cylindermantel, welks as door het focus gaat, met zwaaiende beweging om deze as. De lamellen zijn in elke stand goed gericht. *c*) Lamellen straalsgewijze gemonteerd in hetzelfde vlak als (*a*), om een symmetrie-as die door het focus F gaat en waarom het geheel kan roteeren. De lamellen zijn in elke stand goed gericht.

Er bestaan twee constructies van diafragma's waarbij de lamellen ook tijdens het bewegen steeds gefocusseerd blijven. Bij de ééne zijn de lamellen aangebracht, niet in een plat vlak, maar langs beschrijvende lijnen op de mantel van een horizontaal gelegen cylinder, welks as door het focus gaat (fig. 11*b*) en die om deze as kan draaien. Het nadeel van dit cylinderdiafragma is, dat een vrij groote afstand tusschen patient en film noodig is, waardoor de geometrische onscherpte vergroot wordt — een nadeel overigens, dat ook bij de vlakke diafragma's optreedt, zij het in geringere mate, en dat aanleiding geeft om de diafragma's zoo dun mogelijk te maken. Bij de tweede constructie met permanente focusseering zijn de lamellen in hetzelfde vlak als in fig. 11*a* geplaatst, doch niet evenwijdig aan elkaar, maar straalsgewijze, met de symmetrie-as gaande door het focus (fig. 11*c*). Het diafragma roteert bij de opname om deze as. Een nadeel is in dit geval, dat ter plaatse van de draaiingsas een witte stip op de foto verschijnt.

voor de primaire stralen aan de rand kleiner dan in het midden.

Dimensionneering der lamellen

Om richtlijnen voor de te kiezen dikte, hoogte en afstand der lamellen te kunnen geven, moet men de werking van het Potter-Bucky-diafragma nog wat meer in detail bekijken. Eenvoudigheidshalve beperken we ons daarbij tot een vlak diafragma met evenwijdige, rechtop staande lamellen, zie *fig. 12*.

Van de primaire straling R_p wordt het gedeelte tusschen de lamellen bijna onverzwakt doorgelaten. Maar ook van de schuin gerichte strooistralen R_s wordt, voorzoover zij een hoek α met de primaire stralen maken, kleiner dan de grenshoek α_g, een meer of minder groot gedeelte onverzwakt doorgelaten. Bij nog grootere hoeken α zou de strooistraling volledig worden tegengehouden, als de loodlamellen geheel ondoorlaatbaar waren. De doorlating van het diafragma als functie van de invalshoek van de stralen zou dan worden weerge-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

geven door de kromme *I* in *fig. 13a*. In werkelijkheid mogen de loodlamellen niet als geheel ondoorlaatbaar worden beschouwd, vooral waar de lamellen zeer dun kunnen zijn. Bij hoeken $\alpha > \alpha_g$

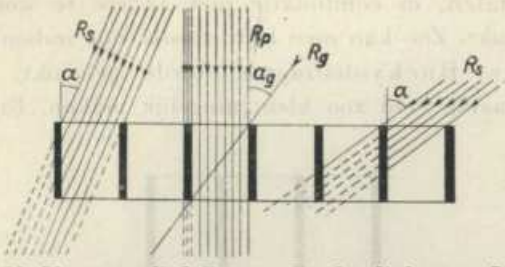

Fig. 12. Vereenvoudigd Potter-Bucky-diafragma. Stralenbundels, die onder verschillende hoeken op het diafragma treffen, worden in verschillende mate verzwakt. Bij hoeken α grooter dan de grenshoek α_g, kan geen straal meer onverzwakt het diafragma passeeren.

wordt dus wel degelijk nog strooistraling, zij het sterk verzwakt, doorgelaten. Naarmate de invalshoek grooter wordt, worden meer lamellen door de straling getroffen; de weg in elke lamel wordt echter korter. Het resultaat is, dat de bij $\alpha > \alpha_g$ doorgelaten strooistraling met toenemende α eerst langzaam en dan sneller afneemt. Schematisch kan dit worden voorgesteld door kromme *II* in fig. 13*a*. Deze kromme zal natuurlijk nog sterk afhangen van de gebruikte buisspanning, aangezien de absorptie in het lood met toenemende hardheid der stralen snel afneemt. In fig. 13*b* is bij twee verschillende buisspanningen de gemeten doorlating van een fijnrasterdiafragma weergegeven. Men ziet, dat de krommen in werkelijkheid niet zoo mooi glad zijn als de theoretische kromme in fig. 13*a*, en dat zij zwakke maxima en minima vertoonen.

Uit de krommen van fig. 13 kan men de met een Potter-Bucky-diafragma te verkrijgen selectiviteit Σ afleiden. Deze is in dit geval gelijk te stellen aan de verhouding tusschen de doorlating voor de primaire stralen ($\alpha = 0$) en de gemiddelde doorlating voor de strooistralen ($\alpha \neq 0$). Een maat voor deze laatste is eenvoudig de grootte van het oppervlak onder de doorlatingskromme (bij *II* in fig. 13*a* gearceerd). Hoe kleiner dus dit oppervlak, des te grooter de selectiviteit [8]).

Het oppervlak onder de kromme wordt kleiner naarmate de grenshoek α_g kleiner is en naarmate het min of meer vlak verloopende gedeelte van de doorlatingskromme lager ligt. Een berekening leert nu, dat de hoogte van het vlakke stuk wordt bepaald door de hoeveelheid lood die per cm² oppervlak van het diafragma is gebruikt, onafhankelijk er van, of dit lood in de vorm van dikke of dunne, hooge of lage, vele of weinige lamellen is verwerkt. Veel lood, en hooge lamellen met kleine tusschenruimten (kleine grenshoek), zijn dus gunstig voor de selectiviteit. Doch, zooals reeds vroeger werd gezegd, mag de doorlating voor de primaire stralen niet te klein worden. Om nauwkeurige conclusies mogelijk te maken, hebben wij de doorlatingskrommen voor eenige configuraties van lamellen, bij een buisspanning van 105 kV, berekend en in *fig. 14* weergegeven. Fig. 14*a* slaat op hetzelfde type diafragma, waaraan de metingen van fig. 13 zijn verricht, de doorlatingskromme is identiek met kromme *II* in fig. 13*a*. De hieruit berekende selectiviteit is $\Sigma = 6{,}3$ en de doorlating voor de primaire straling 72%. In fig. 14*b* is de dikte en de afstand der lamellen gehalveerd. De totale hoeveelheid lood is dus dezelfde gebleven, doch de grenshoek is half zoo groot. De selectiviteit is nu gestegen tot 7,8, terwijl de doorlating voor de primaire straling onverminderd 72% bedraagt. Hoe meer de loodlamellen onderverdeeld worden, des te grooter wordt de selectiviteit. Bij het diafragma van fig. 14*c* tenslotte is de afstand en dikte der lamellen dezelfde als in *a*, maar hun hoogte is verdubbeld. De grenshoek is dus even groot als in *b*, maar dank zij de verdubbeling van de hoeveel-

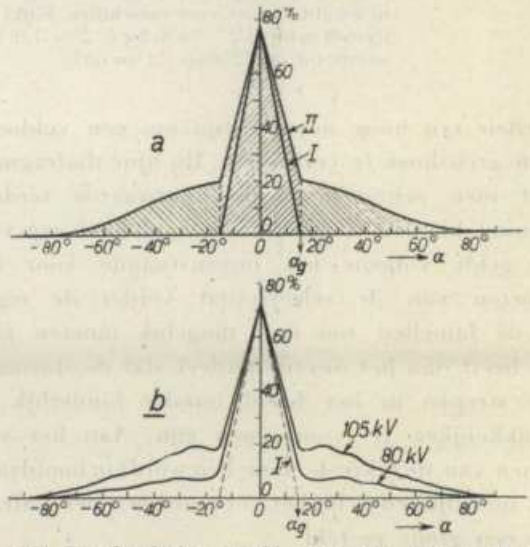

Fig. 13. De doorlating in %, van een Potter-Bucky-diafragma volgens fig. 12, als functie van de hoek α tusschen de beschouwde en de primaire stralenbundel. *a*) Berekend, voor een extreem zachte straling: „nul" kV, volledige absorptie in het lood, kromme *I*; en een harde straling: 105 kV, kromme *II*. *b*) Gemeten, voor een diafragma met dezelfde grenshoek α_g (ideale kromme *I*), bij 80 kV en bij 105 kV. Het totale oppervlak onder elke kromme geeft een maat voor de strooistraling.

[8]) Geheel exact is dit niet. Het zou alleen waar zijn, indien de strooistraling bolsymmetrisch verdeeld en dus de intensiteit van de op het diafragma vallende strooistraling uit alle richtingen even groot was. In werkelijkheid is de intensiteit der strooistraling in voorwaartsche richting (kleine α) het grootst, waardoor dus de verzwakking der strooistralen bij groote hoeken α minder gewicht in de schaal legt en de werkelijke selectiviteit kleiner wordt, dan die men berekent met de onderstelling, dat alle deelen van het gearceerde oppervlak even hoog te waardeeren zijn. Toch werken we met deze onderstelling; de afwijkingen hebben op de kwalitatieve geldigheid der te trekken conclusies geen invloed.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

heid lood is de selectiviteit aanzienlijk verbeterd, tot $\Sigma = 17$. De doorlating voor de directe straling is een weinig verminderd, tot 68%, tengevolge van de grootere verzwakking in het materiaal tusschen de lamellen (grootere laagdikte). Uit een en ander volgt, dat de diafragma's *a* en *b* voor 105 kV nog lang niet de gunstigste mogelijkheid voorstellen, maar dat voor deze spanning meer lood gewenscht is; voor lagere spanning echter kunnen *a* en *b* heel geschikt zijn.

Op deze wijze is voor elke buisspanning eenvoudig uit te rekenen, welke minimum hoeveelheid lood een strooistralendiafragma moet bevatten. Aan de aldus af te leiden voorwaarde wordt steeds gemakkelijk voldaan bij grove diafragma's, waarbij de lamellen vrij hoog moeten zijn om een voldoend kleine grenshoek te verkrijgen. Bij fijne diafragma's moet men echter met die voorwaarde terdege rekening houden. Is de hoeveelheid lood gegeven, dan geldt volgens het bovenstaande voor het opvoeren van de selectiviteit verder de regel, dat de lamellen zoo dun mogelijk moeten zijn. Men heeft dan het nevenvoordeel, dat de storingen door strepen in het beeld minder hinderlijk en gemakkelijker te voorkomen zijn. Aan het verkleinen van de dikte der lamellen wordt in hoofdzaak door moeilijkheden bij het vervaardigen der diafragma's een grens gesteld.

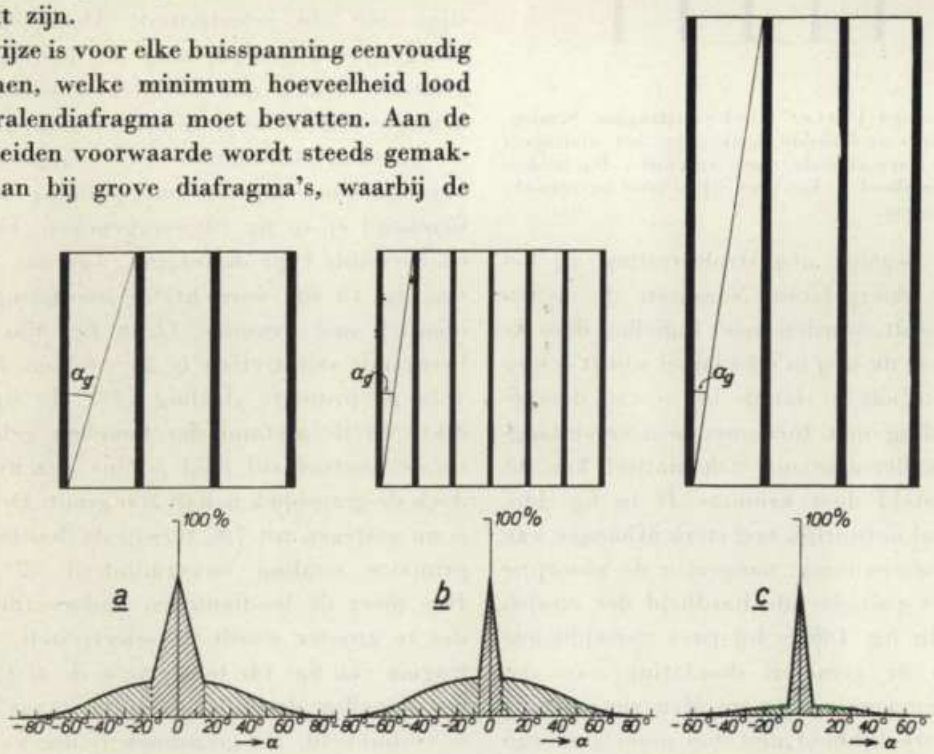

Fig. 14. Schema van vorm en spatieering der lamellen voor drie verschillende Potter-Bucky-diafragma's, en bijbehoorende doorlatingskrommen voor 105 kV. Terwijl *a* en *b* in kwaliteit niet veel verschillen, blijkt het diafragma *c* aanzienlijk beter te zijn. De selectiviteit is bij *a*: $\Sigma = 6{,}3$; bij *b*: $\Sigma = 7{,}8$; bij *c*: $\Sigma = 17$, terwijl de primaire straling verzwakt wordt tot op 72 resp. 72 en 68%.

Slotopmerking

Voor de practijk is het tenslotte van belang om op te merken, dat géén der beschouwde methoden de strooistralen volledig vermag te elimineeren, maar dat anderzijds de meeste methoden zich er voor leenen om, ter verkrijging van nog gunstiger resultaten, in combinatie met andere te worden gebruikt. Zoo kan men bijv. steeds, ook indien een Potter-Bucky-diafragma wordt gebruikt, het bestraalde veld zoo klein mogelijk maken. Bij de methode van het comprimeeren werd reeds vermeld, dat een combinatie met de methode van vergroote afstand tusschen object en film gewenscht is. Met de methode van de twee bewegende spleten kan heel goed de toepassing van een Potter-Bucky-diafragma, met de lamellen loodrecht op de spleetrichting, worden gecombineerd; enz. Met het oog op de nadeelen, die inhaerent zijn aan sommige methoden, zooals de eventueele strepen bij het Potter-Bucky-diafragma, de vergroote geometrische onscherpte bij vergrooting van de afstand tusschen object en film, de verteekening bij de bewegende spleten, enz., is het aan den medicus, om van geval tot geval te beslissen, welke combinatie van methoden ter bestrijding van de strooistralen het meest wenschelijk is.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!